












Statischer Laminationsmikrovermischer

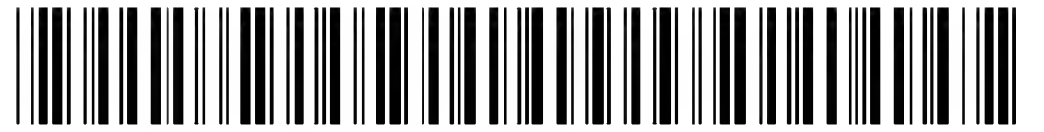
Publication number: DE20218972 (U1)
Publication date: 2003-02-13
Inventor(s):
Applicant(s): EHRFELD MIKROTECHNIK AG [DE] +
Classification:
- international: *B01F13/00; B01F5/06; B01F13/00; B01F5/06;* (IPC1-7): B01F5/02; B01F5/06
- European: B01F13/00M2C; B01F13/00M2C2; B01F5/06B2B
Application number: DE20022018972U 20021207
Priority number(s): DE20022018972U 20021207

Also published as:
 US2006087917 (A1)
 KR20050085326 (A)
 KR100806401 (B1)
 JP2006508795 (T)
 EP1572335 (A2)
 WO2004052518 (A2)
 WO2004052518 (A3)
 CN1780681 (A)
 CN100360218 (C)
 AU2003288216 (A8)
 AU2003288216 (A1)

<< less

Abstract not available for **DE 20218972 (U1)**

.....
Data supplied from the *espacenet* database — Worldwide



①⑨ **BUNDESREPUBLIK
DEUTSCHLAND**



**DEUTSCHES
PATENT- UND
MARKENAMT**

⑫ **Gebrauchsmusterschrift**
⑩ **DE 202 18 972 U 1**

⑤① Int. Cl.⁷:
B 01 F 5/06
B 01 F 5/02

②① Aktenzeichen: 202 18 972.4
②② Anmeldetag: 7. 12. 2002
④⑦ Eintragungstag: 13. 2. 2003
④③ Bekanntmachung
im Patentblatt: 20. 3. 2003

DE 202 18 972 U 1

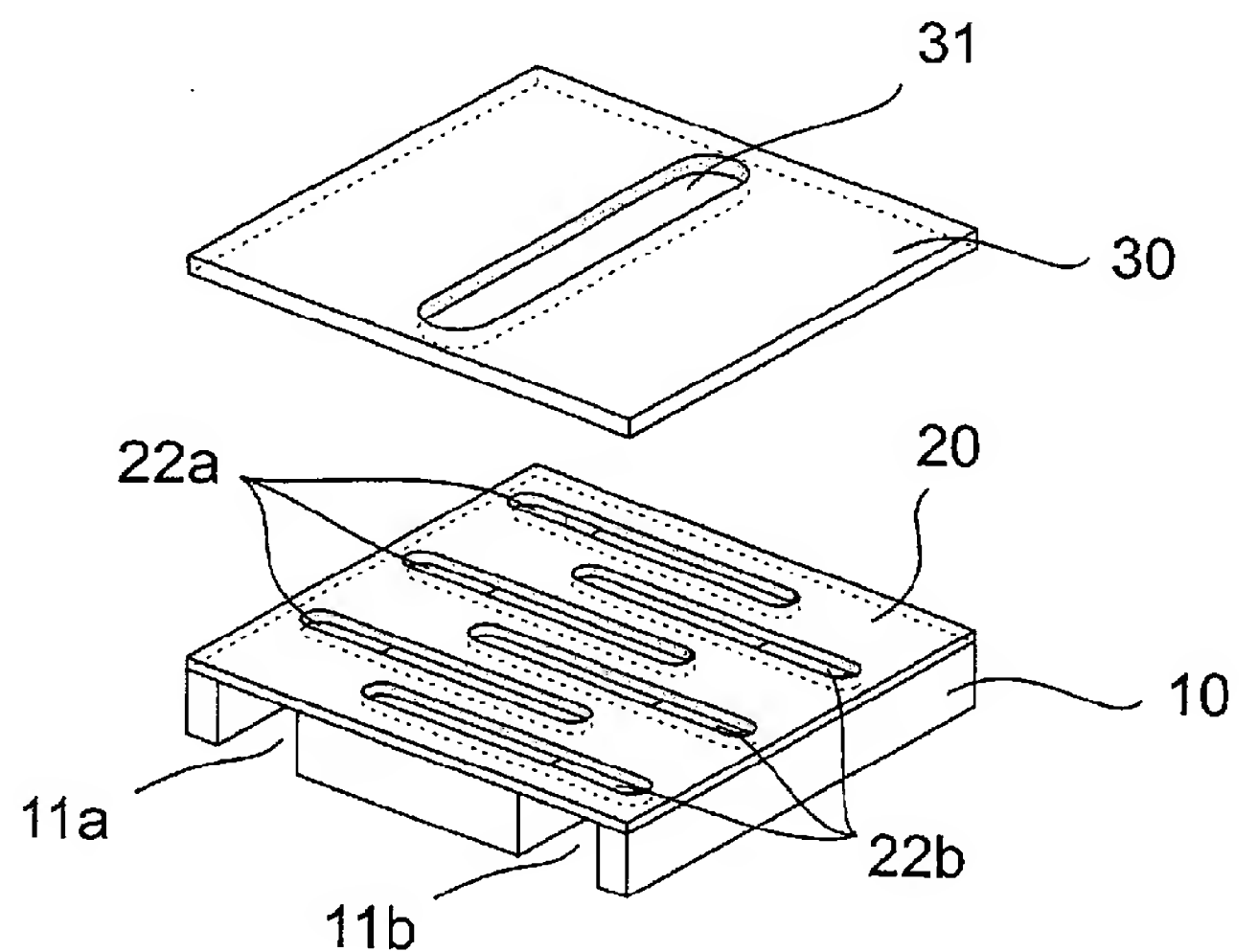
⑦③ Inhaber:
Ehrfeld Mikrotechnik AG, 55234 Wendelsheim, DE

⑦④ Vertreter:
Dr. Meyer-Dulheuer, 60594 Frankfurt

Rechercheantrag gem. § 7 Abs. 1 GbmG ist gestellt

⑤④ Statischer Laminationsmikrovermischer

⑤⑦ Statischer Laminationsmikrovermischer zum Mischen von mindestens zwei Flüssigkeiten, dadurch gekennzeichnet, dass er mindestens eine Schlitzplatte mit Schlitzöffnungen und eine darüber angeordnete Blendplatte mit Blendenschlitzen enthält.



DE 202 18 972 U 1

5 Ehrfeld Mikrotechnik AG
Mikroforum Ring 1

55234 Wendelsheim

10

15

Statischer Laminationsmikrovermischer

5 Statischer Laminationsmikrovermischer

- 10 Die Erfindung betrifft einen statischen Laminationsmikrovermischer zum Vermischen von mindestens zwei Flüssigkeiten, wobei dieser mindestens eine Schlitzplatte mit Schlitzöffnungen und eine darüber angeordnete Blendplatte mit Blendschlitzen enthalten muss.
- 15 Bei statischen Mikrovermischem handelt es sich um Schlüsselemente der Mikroreaktionstechnik. Statistische Mikrovermischer nutzen das Prinzip der Multilamination aus, um so ein schnelles Vermischen von Fluiden durch Diffusion zu erreichen. Durch eine geometrische Ausgestaltung von abwechselnd angeordneten Lamellen ist es möglich, ein gutes Vermischen im mikroskopischen
- 20 Bereich zu gewährleisten. Multilaminationsmischer aus strukturierten und periodisch gestapelten dünnen Platten sind bereits in der Literatur ausführlich beschrieben; Beispiele hierfür finden sich in den deutschen Patenten DE 44 16 343, DE 195 40 292 und der deutschen Patentanmeldung DE 199 28 123. Die deutsche Patentanmeldung DE 199 27 554 beschreibt außerdem im Gegensatz
- 25 zu den Multilaminationsmischern, die aus strukturierten und periodisch gestapelten, dünnen Platten bestehen, einen Mikrovermischer zum Mischen von zwei oder mehr Edukten, wobei der Mikrovermischer Mischzellen aufweist. Jede dieser Mischzellen weist eine Zuführkammer auf, an die mindestens zwei Gruppen von Kanalfingern angrenzen, die zur Bildung von Mischbereichen kammartig
- 30 zwischen die Kanalfinger eingreifen. Über dem Mischbereich befinden sich Auslassschlitze, die sich senkrecht zu den Kanalfingern erstrecken und durch die das Produkt austritt. Durch die Parallelschaltung in zwei Raumrichtungen ist ein deutlich höherer Durchsatz möglich.
- 35 Der im Patentanspruch 1 angegebenen Erfindung liegt das Problem zugrunde, dass sich Mikrovermischer mit Verunreinigungspartikeln zusetzen können und damit zur Verstopfung neigen; durch die unzureichende Reinigungsmöglichkeit

5 ist eine erhebliche Einschränkung der Einsatzmöglichkeiten von Mikrovermischern gegeben. Bei den aus Platten ausgebildeten Mikrovermischem sind die Platten vorzugsweise fest miteinander verbunden und die Mikrostrukturen dadurch nicht mehr frei zugänglich; eine Reinigung der beschriebenen Mikrovermischer ist deshalb nicht auf einfache Art und Weise möglich. Zur Reinigung
10 eines entsprechenden Mikrovermischers müssen die Plattenstapel demontiert werden, was sich in der Regel als sehr aufwendig erweist.

Diese Probleme werden durch den im Patenanspruch 1 beschriebenen statischen Laminationsmikrovermischer gelöst, der zum Mischen von mindestens
15 zwei Flüssigkeiten mindestens eine Schlitzplatte mit Schlitzöffnungen und eine darüber angeordnete Blendplatte mit Blendschlitzen enthält.

Die mit der Erfindung erzielten Vorteile bestehen darin, dass der statische Laminationsmikrovermischer kostengünstig gefertigt werden kann, leicht zu reinigen
20 ist und die zu mischenden Fluide schnell und effektiv miteinander vermischt werden. Zudem ist der Druckverlust so gering, dass er auch für große Durchsätze Anwendung finden kann.

Vorteilhafte Ausgestaltungen der Erfindung sind in den Schutzansprüchen 2
25 und folgenden angegeben. Nach Schutzanspruch 2 kann die Anzahl der Blendschlitze in der Blendplatte und/oder die Anzahl der Schlitzöffnungen in der Schlitzplatte größer als 1 sein. Die Schlitzöffnungen in der Schlitzplatte können hierbei parallel zueinander versetzt und/oder in einem periodischen Muster zueinander angeordnet sein. Nach Anspruch 4 können die Schlitzöffnungen zueinander schräg angeordnet sind. Eine weitere Ausgestaltung erlaubt es, dass
30 die Schlitzöffnungen in Richtung Zuführkanal trichterförmig ausgestaltet sind. Weiter ist es möglich, dass mehrere Schlitzplatten und/oder Blendplatten direkt übereinander versetzt zueinander angeordnet sind. Eine vorteilhafte Ausgestaltung nach Schutzanspruch 8 gestattet es, dass die Mischkammer zum Mischen
35 der Fluide an die Blendplatte grenzt. Nach Schutzanspruch 9 ist es auch möglich, dass die Blendschlitze in der Blendplatte parallel zueinander versetzt und/oder in einem periodischen Muster zueinander angeordnet sein können.

5 Eine weitere vorteilhafte Ausgestaltung der Erfindung gestattet es, dass die
Schlitzöffnungen in der Schlitzplatte und die Blendschlitze in der Blendplatte in
einem beliebigen Winkel, vorzugsweise 90° , zueinander verdreht, angeordnet
sein können. Nach Schutzanspruch 11 ist es zudem möglich, dass die Schlitz-
10 öffnungen in der Schlitzplatte und die Blendschlitze in der Blendplatte eine Brei-
te von weniger als $100\ \mu\text{m}$ aufweisen können. Eine weitere vorteilhafte Ausges-
taltung gestattet es, dass die Schlitz- und Blendplatten teilweise oder vollstän-
dig aus Metall, Glas, Keramik und Kunststoff oder aus einer Kombination dieser
Materialien bestehen können. Nach Schutzanspruch 13 können die Schlitz- und
15 Blendplatten durch Stanzen, Prägen, Fräsen, Erodieren, Ätzen, Plasmaätzen,
Laserschneiden, Laserablattieren oder durch die LIGA-Technik, vorzugsweise
aber durch Ätzen oder Laserschneiden, hergestellt werden. Eine weitere vor-
teilhafte Ausgestaltung erlaubt es, dass die Schlitz- und Blendplatten aus einem
Stapel von mikrostrukturierten dünnen Platten bestehen; diese dünnen mikro-
20 strukturierten Platten können stoffschlüssig durch Löten, Schweißen, Diffusi-
onsschweißen oder Kleben oder kraftschlüssig durch Verschrauben oder Ver-
nieten miteinander verbunden werden. Eine vorteilhafte Ausgestaltung nach
Schutzanspruch 16 gestattet es, dass die Blendschlitze in der Blendplatte
und/oder die Schlitzöffnungen in der Schlitzplatte verzweigt ausgestaltet sein
25 können. Der so erhaltene statische Mikrovermischer kann nach Schutzanspruch
17 in einem dafür vorgesehenen Gehäuse untergebracht werden. Nach
Schutzanspruch 18 kann das Gehäuse Kanäle enthalten, die eine räumliche
Auftrennung der Fluide ermöglichen.

30 Ausführungsbeispiele der Erfindungen sind in den Zeichnungen dargestellt und
werden im nachfolgenden näher beschrieben.

Es zeigen:

35 Fig. 1 schematische Darstellung des statischen Mikrovermischers beste-
hend aus einer Schlitz- und einer Blendplatte;

- 5 Fig. 2a Expolsionsdarstellung eines statischen Laminationsmikrovermischer bestehend aus Gehäuseunterteil (10), Zuführkanälen (11), Schlitzplatte (20) und Blendplatte (30);
- Fig. 2b Darstellung eines statischen Laminationsmikrovermischers bestehend aus Gehäuseunterteil (10), Zuführkanälen (11), Schlitzplatte (20) und Blendplatte (30);
- 10
- Fig. 3a Draufsicht auf die Zuführkanälen (11), Schlitzöffnungen (22a, 22b) und Blendschlitzen (31) eines statischen Laminationsmikrovermischers
- 15
- Fig. 3b Draufsicht auf die Schlitzöffnungen unterschiedlicher Geometrie und Orientierung (22) in einer Schlitzplatte (20) eines statischen Laminationsmikrovermischers;
- 20
- Fig. 4a Draufsicht auf einen statischen Laminationsmikrovermischer bestehend aus Gehäuseunterteil (10), Schlitzplatte (20) und Blendplatte (30);
- 25
- Fig. 4b Draufsicht auf einen statischen Laminationsmikrovermischer;
- Fig. 5 Explosionsdarstellung eines statischen Mikrovermischers;
- Fig. 6 Explosionsdarstellung eines statischen Mikrovermischers mit Betrachtungswinkel von unten;
- 30
- Fig. 7a schematische Darstellung des Gehäuseunterteils (10);
- Fig. 7b Querschnitt durch Gehäuseunterteil (10) entlang der Ebene B-B;
- 35
- Fig. 7c Querschnitt durch Gehäuseunterteil (10) entlang der Ebene C-C;

- 5 Fig. 8a schematische Darstellung eines statischen Mikrovermischers mit zwei unterschiedlichen Schlitzplatten und versetzt zueinander angeordneten Schlitzöffnungen (22, 23);
- 10 Fig. 8b schematische Darstellung eines zusammengesetzten statischen Laminationsmikrovermischers mit zwei unterschiedlichen Schlitzplatten.

15 Fig. 1 zeigt die schematische Darstellung eines statischen Laminationsmikrovermischers bestehend aus Unterteil 10, einer Schlitzplatte 20 und einer Blendplatte 30. Das Unterteil 10 enthält für das Fluid A den Zuführkanal 11a und für das Fluid B den Zuführkanal 11b. Die Schlitzplatte 20 weist für die Fluide A und B Schlitzöffnungen 22a und 22b auf, die zur unproblematischen Mischung unterschiedlicher Flüssigkeitsmengen auch unterschiedlich groß sein können und
20 aus den Zuführkanälen 11a und 11b gespeist werden. Oberhalb der Schlitzplatte 20 befindet sich die Blendplatte 30 mit einem Blendschlitz 31. Die Blendplatte 30 deckt hierbei den äußeren Bereich der Schlitzöffnungen 22a und 22b ab, während der mittlere Bereich der Schlitzöffnungen 22a und 22b mit dem Blendschlitz 31 überlappt und dadurch frei bleibt.

25

Fig. 2a zeigt die Explosionsdarstellung eines statischen Mikrovermischers bestehend aus Unterteil 10, Zuführkanälen 11a und 11b, Schlitzplatte 20 und Blendplatte 30. Die Zuführkanäle 11a und 11b enthalten jeweils das Fluid A bzw. das Fluid B; über diesen Zuführkanälen befindet sich die Schlitzplatte 20
30 mit den Schlitzöffnungen 22a und 22b. Oberhalb dieser befindet sich die Blendplatte 30, deren Blendschlitze in einem Winkel von 90° zu den Schlitzöffnungen 22a und 22b angeordnet sind.

Fig. 2b zeigt eine schematische Darstellung eines statischen Mikrovermischer, wie in Fig. 2a dargestellt, bestehend aus Unterteil 10, Schlitzplatte 20 und
35 Blendplatte 30.

5 Fig. 3a zeigt als Doppelreihen angeordnete Schlitzöffnungen 22a und 22b in Form von Schlitzbereichen 21. Diese Schlitzbereiche 21 werden durch die Zuführkanäle 11a und 11b mit Fluiden gespeist. Die eine Hälfte der Schlitzöffnungen 22a überlappt mit den Zuführkanälen 11a, die andere mit den Zuführkanälen 11b. In mittleren Bereich der Doppelreihen überlappen die Schlitzöffnungen 22 mit dem darüber angebrachten Blendschlitz 31. Die Schlitzöffnungen 22 können, wie hier dargestellt, auch schräg angeordnet sein.

Fig. 3b zeigt Schlitzöffnungen 22 mit unterschiedlicher geometrischer Ausgestaltung und Orientierung. Die Schlitzöffnungen 22 sind hierbei trichterförmig in Richtung Zuführkanal 11a erweitert dargestellt. Oberhalb der Schlitzöffnungen befinden sich die Blendschlitze 31.

Fig. 4a zeigt die Draufsicht auf ein Gehäuseunterteil 10. Das Gehäuseunterteil 10 ist mit zahlreichen schlitzförmigen Zuführkanälen 11a und 11b versehen, die abwechselnd rechts oder links verlagert dargestellt sind. In der darüber angeordneten Schlitzplatte 20 befinden sich der als schwarze Balken dargestellte Schlitzbereich 21; der Schlitzbereich 21 ist hierbei jeweils zwischen zwei Zuführkanälen 11a und 11b positioniert, sodass dieser von zwei Zuführkanälen überlappt wird. Die Blendschlitze 31 der darüber liegenden Blendplatte 30 befinden sich mittig über den Schlitzbereichen 21 der Schlitzplatte 20.

Fig. 4b zeigt eine schematische Anordnung aus Zuführkanälen 11a und 11b, Schlitzbereichen 21 und Blendschlitzen 31.

30 Fig. 5 zeigt die Explosionsansicht eines statischen Laminationsmikrovermischers; der Mikrovermischer besteht aus Gehäuseunterteil 10 und Gehäuseoberteil 40. Zwischen dem Gehäuseunterteil 10 und Gehäuseoberteil 40 befinden sich die Schlitzplatten 20 und die Blendplatten 30. In dem Gehäuseunterteil 10 befindet sich eine Nut 13, in die ein Dichtungsring 50 eingelegt werden kann, um so den Mikrovermischer gegen die Umgebung abzudichten. Das Gehäuseunterteil 10 und das Gehäuseoberteil 40 sind jeweils mit Öffnungen für Befestigungselemente 44 versehen, durch die beide gegeneinander fixiert werden

- 5 können. Das Gehäuseunterteil 10 enthält an der Außenfläche zwei Fluideinlasskanäle 12a und 12b für die zu mischenden Fluide A und B. Auf der Oberseite des Gehäuseunterteils 10 sind zahlreiche schlitzförmige Zuführkanäle 11a und 11b eingearbeitet, die abwechselnd zu der einen oder der anderen Seite verlängert ausgestaltet sind und so vom Fluid A oder vom Fluid B gespeist werden können. Die Schlitzplatte 20 enthält zahlreiche Schlitzbereiche 21; oberhalb der Schlitzplatte 20 ist die Blendplatte 30 angebracht, die eine Vielzahl von Blendschlitzten 31 aufweist. Das Gehäuseoberteil 40 enthält einen Fluidauslass 42 zur Ableitung des gewonnenen Gemisches.
- 15 Fig. 6 zeigt in Analogie zu Fig. 5 eine Explosionsdarstellung eines statischen Laminationsmikrovermischers mit Betrachtungswinkel von der Unterseite. Das Gehäuseoberteil 40 enthält eine große Mischkammer 45, in die alle Blendschlitzze 31 der Blendplatte 30 münden. Zur Abstützung der Blendplatte 30 sind mehrere Wände 41 im Gehäuseoberteil 40 angebracht, wobei diese Wände 40 so positioniert sind, dass die Blendplatte 30 immer genau zwischen den Blendschlitzten 31 abgestützt wird und so die Blendschlitzze 31 nicht verdeckt werden. Zur Verbesserung der Fluidführung sind die Wände 41 in der Mischkammer 45 zum Fluidausgang 42 hin mit Wanddurchbrüchen 43 versehen.
- 25 Fig. 7a zeigt die schematische Darstellung des Gehäuseunterteils 10. Das Gehäuseunterteil 10 ist mit Zuführkanälen 11a und 11b für die zu mischenden Fluide A und B versehen. An den Außenseiten des Gehäuseunterteils sind Fluideinlässe 12a und 12b vorhanden. Die Aussparungen 44 an den vier Ecken des Gehäuseunterteils 10 gestatten dessen Fixierung.
- 30 Fig. 7b zeigt den Querschnitt durch das Gehäuseunterteil 10 entlang der Linie B-B in Fig. 7a. Der Fluideinlass 12a setzt sich in dem Fluideinlasskanal 14 für das Fluid A fort. Auf der Oberseite des Fluideinlasskanals 14 befinden sich die Zufuhrkanäle 11a für das Fluid. Auf der Oberseite des Gehäuseunterteils 10 befindet sich eine Nut 13 für das Einlegen eines Dichtungsrings.
- 35

- 5 Fig. 7c zeigt den Querschnitt durch das Gehäuseunterteil 10 entlang der Linie C-C in Fig. 7a. Die Zuführkanäle 11a für das Fluid A und 11b für das Fluid B verlaufen abwechselnd parallel, ohne dass es eine Querverbindung zwischen diesen beiden Zuführkanälen gibt. Auf der Oberseite des Gehäuseunterteils 10 befindet sich wieder eine Nut 13 für das Einlegen eines Dichtungsring.
- 10
- Fig. 8a zeigt die schematische Darstellung eines statischen Laminationsmikrovermischers mit den zwei unterschiedlichen Schlitzöffnungen 22a/22b und 23a/23b. Die Schlitzöffnungen 22a und 22b der ersten Schlitzplatte bilden die Zuführkanäle für die zweite Schlitzplatte mit kleinen Schlitzöffnungen 23a und
- 15 23b. Die Schlitzöffnungen 22a/22b und 23a/23b sind jeweils um 90° zueinander verdreht angeordnet.
- Fig. 8b zeigt die Draufsicht eines solchen statischen Mikrovermischers nach Fig. 8a bestehend aus zwei unterschiedlichen Schlitzplatten, deren Schlitzöff-
- 20 nungen zueinander um 90° gedreht sind.

5 Bezugszeichenliste:

10	10	Gehäuseunterteil
	11a	Zuführkanal für Fluid A
	11b	Zuführkanal für Fluid B
	12a	Fluideinlass für Fluid A
	12b	Fluideinlass für Fluid B
15	13	Nut für Dichtungsring
	14	Fluideinlasskanal
	20	Schlitzplatte
	21	Schlitzbereich
	22a	Schlitzöffnung für Fluid A
20	22b	Schlitzöffnung für Fluid B
	23a	Schlitzöffnung für Fluid A
	23b	Schlitzöffnung für Fluid B
	30	Blendplatte
	31	Blendschlitz
25	40	Gehäuseoberteil
	41	Wand
	42	Fluidauslass
	43	Wanddurchbruch
	44	Öffnung für Befestigungselement
30	45	Mischkammer
	50	Dichtungsring

5 Schutzansprüche:

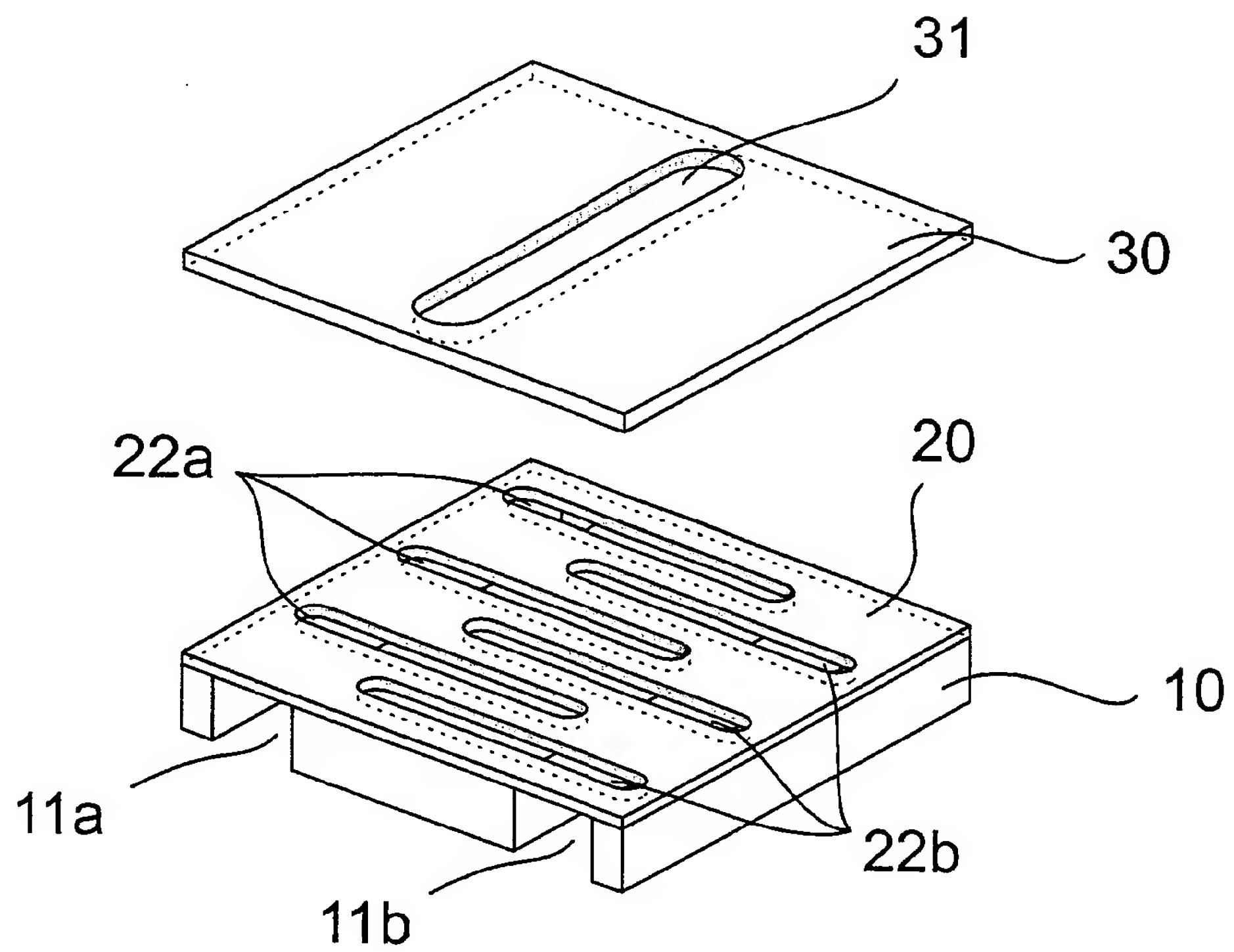
- 10 1. Statischer Laminationsmikrovermischer zum Mischen von mindestens zwei Flüssigkeiten, **dadurch gekennzeichnet**, dass er mindestens eine Schlitzplatte mit Schlitzöffnungen und eine darüber angeordnete Blendplatte mit Blendenschlitzen enthält.
- 15 2. Mikrovermischer nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Anzahl der Schlitzöffnungen in der Schlitzplatte und/oder die Anzahl der Blendenschlitze in der Blendplatte größer als eins ist.
- 20 3. Mikrovermischer nach den Ansprüchen 1 und 2, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Schlitzöffnungen in der Schlitzplatte parallel zueinander versetzt und/oder in einem periodischen Muster zueinander angeordnet sind.
- 25 4. Mikrovermischer nach den Ansprüchen 1 bis 3, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Schlitzöffnungen schräg zueinander angeordnet sind.
- 30 5. Mikrovermischer nach den Ansprüchen 1 bis 4, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Schlitzöffnungen unterschiedlich groß sein können und in Richtung Zuführkanal trichterförmig ausgestaltet sind.
- 35 6. Mikrovermischer nach den Ansprüchen 1 bis 5, **dadurch gekennzeichnet**, dass der Querschnitt der Schlitzöffnungen abgerundet ausgestaltet ist.

- 5 7. Mikrovermischer nach den Ansprüchen 1 bis 6, **dadurch gekennzeichnet**, dass mehrere Schlitzplatten und/oder Blendplatten direkt übereinander oder versetzt zueinander angeordnet sind.
- 10 8. Mikrovermischer nach den Ansprüchen 1 bis 7, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Mischkammer an die Blendplatte grenzt.
- 15 9. Mikrovermischer nach den Ansprüchen 1 bis 8, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Blendschlitze in der Blendplatte parallel zueinander versetzt und/oder in einem periodischen Muster zueinander angeordnet sind.
- 20 10. Mikrovermischer nach den Ansprüchen 1 bis 9, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Schlitzöffnungen in der Schlitzplatte und die Blendschlitze in der Blendplatte in einem beliebigen Winkel zueinander, vorzugsweise um 90° verdreht, angeordnet sind.
- 25 11. Mikrovermischer nach den Ansprüchen 1 bis 10, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Schlitzöffnungen in der Schlitzplatte und die Blendschlitze in der Blendplatte eine Breite von weniger als 100 µm aufweisen.
- 30 12. Mikrovermischer nach den Ansprüchen 1 bis 11, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Schlitz- und Blendplatte teilweise oder vollständig aus Metall, Glas, Keramik und Kunststoff oder aus einer Kombination dieser Materialien bestehen.
- 35 13. Mikrovermischer nach den Ansprüchen 1 bis 12, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Schlitz- und Blendplatten durch Stanzen, Prägen, Fräsen, Erodieren, Ätzen, Plasmaätzen, Laserschneiden, Laserablatieren oder durch die LIGA-Technik, vorzugsweise aber durch Ätzen oder Laserschneiden, hergestellt worden sind.

- 5 14. Mikrovermischer nach den Ansprüchen 1 bis 13, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Schlitz- und Blendplatten aus einem Stapel aus mikrostrukturierten, dünnen Platten bestehen.
- 10 15. Mikrovermischer nach Anspruch 13, **dadurch gekennzeichnet**, dass die dünnen, mikrostrukturierten Platten stoffschlüssig durch Löten, Schweißen, Diffusionsschweißen oder Kleben oder kraftschlüssig durch Verschrauben oder Vernieten miteinander verbunden sind.
- 15 16. Mikrovermischer nach den Ansprüchen 1 bis 15, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Blendschlitze in den Blendplatten und/oder die Schlitzöffnungen in den Schlitzplatten verzweigt ausgestaltet sind.
- 20 17. Mikrovermischer nach den Ansprüchen 1 bis 16, **dadurch gekennzeichnet**, dass der Mikrovermischer in einem dafür vorgesehenen Gehäuse untergebracht ist.
- 25 18. Mikrovermischer nach den Ansprüchen 1 bis 17, **dadurch gekennzeichnet**, dass das Gehäuse Kanäle enthält, die eine räumliche Auftrennung der Fluide gestatten.

07.12.02

Fig. 1



DE 202 18 972 U1

07.12.02

Fig. 2a

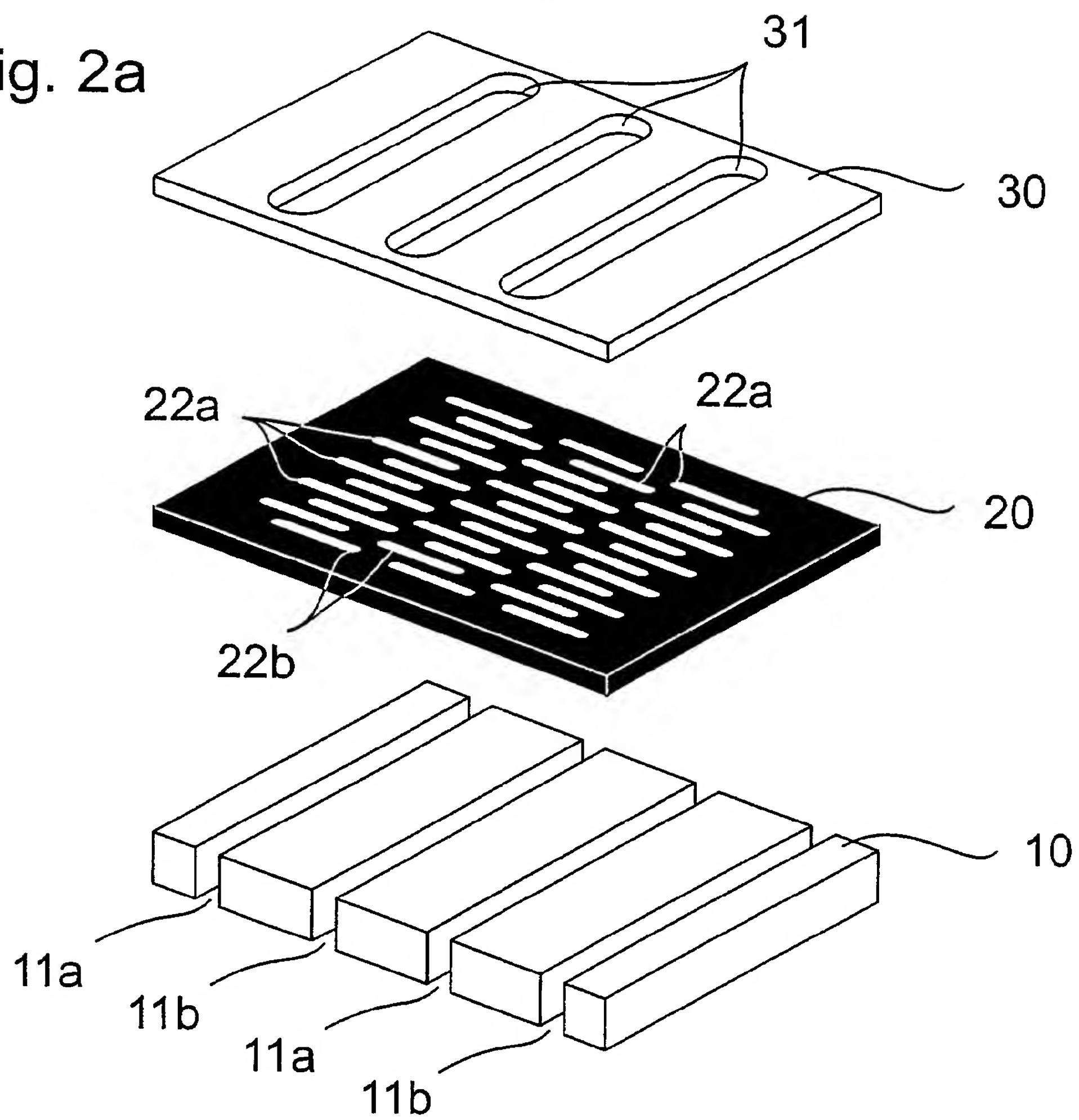
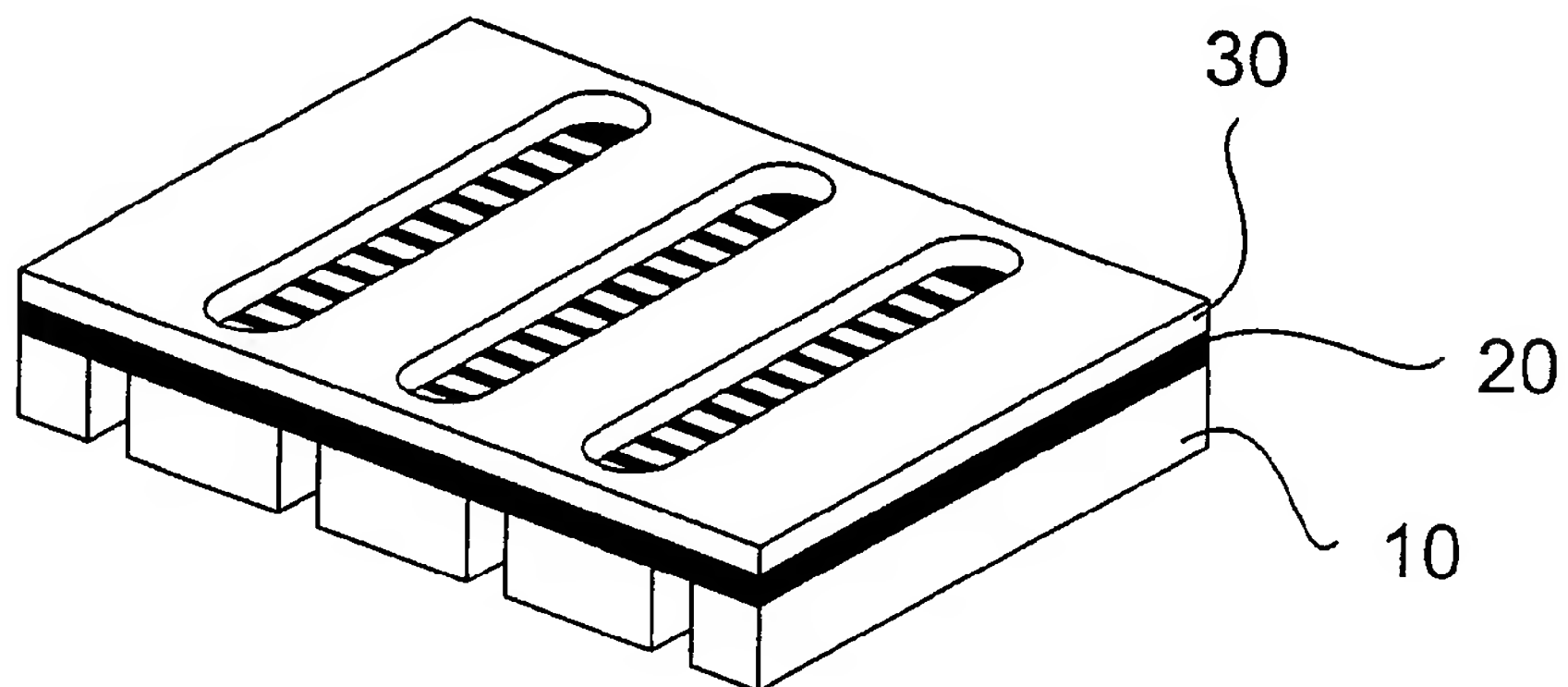


Fig. 2b



DE 202 18 972 U1

07.12.00

Fig. 3a

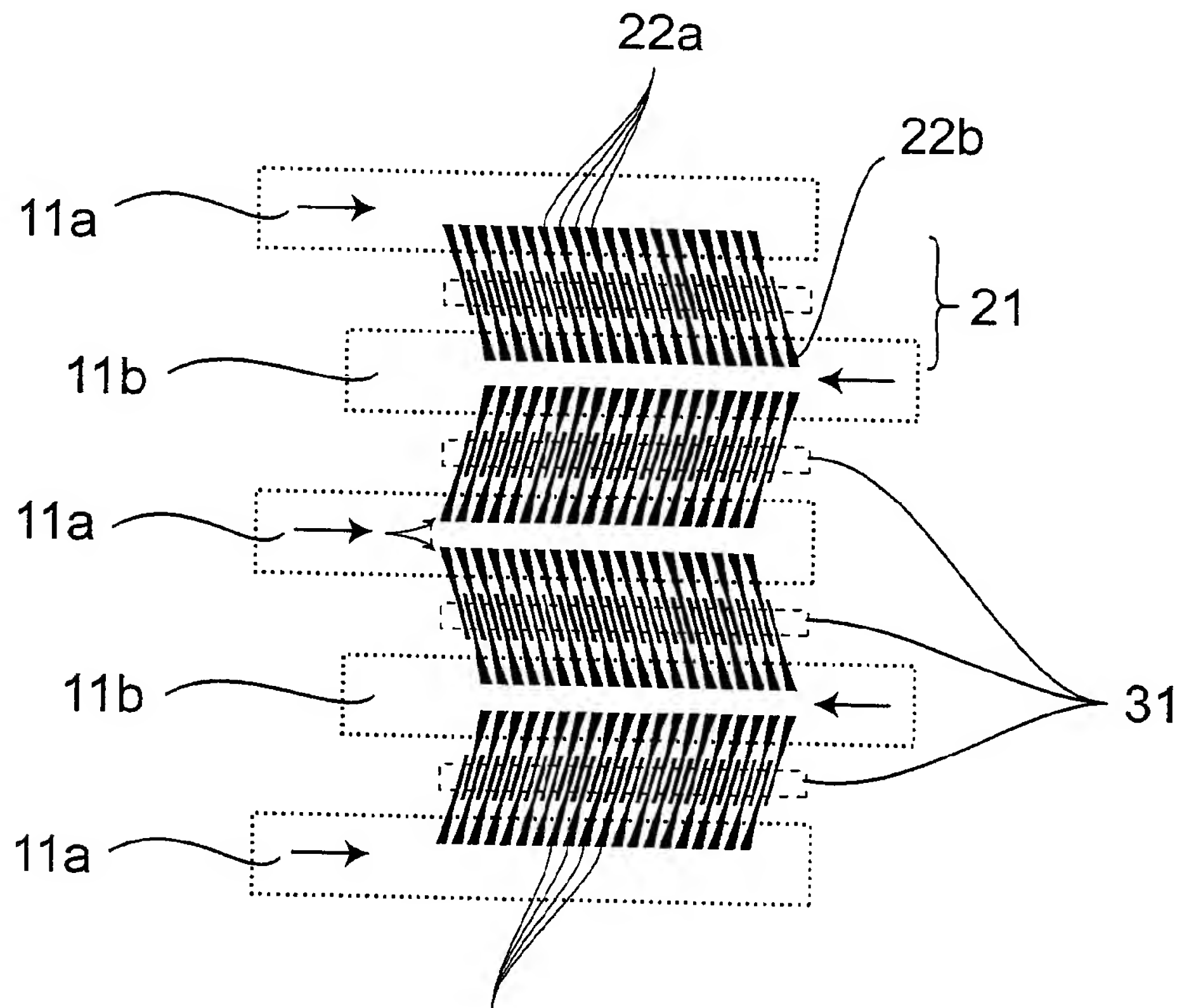
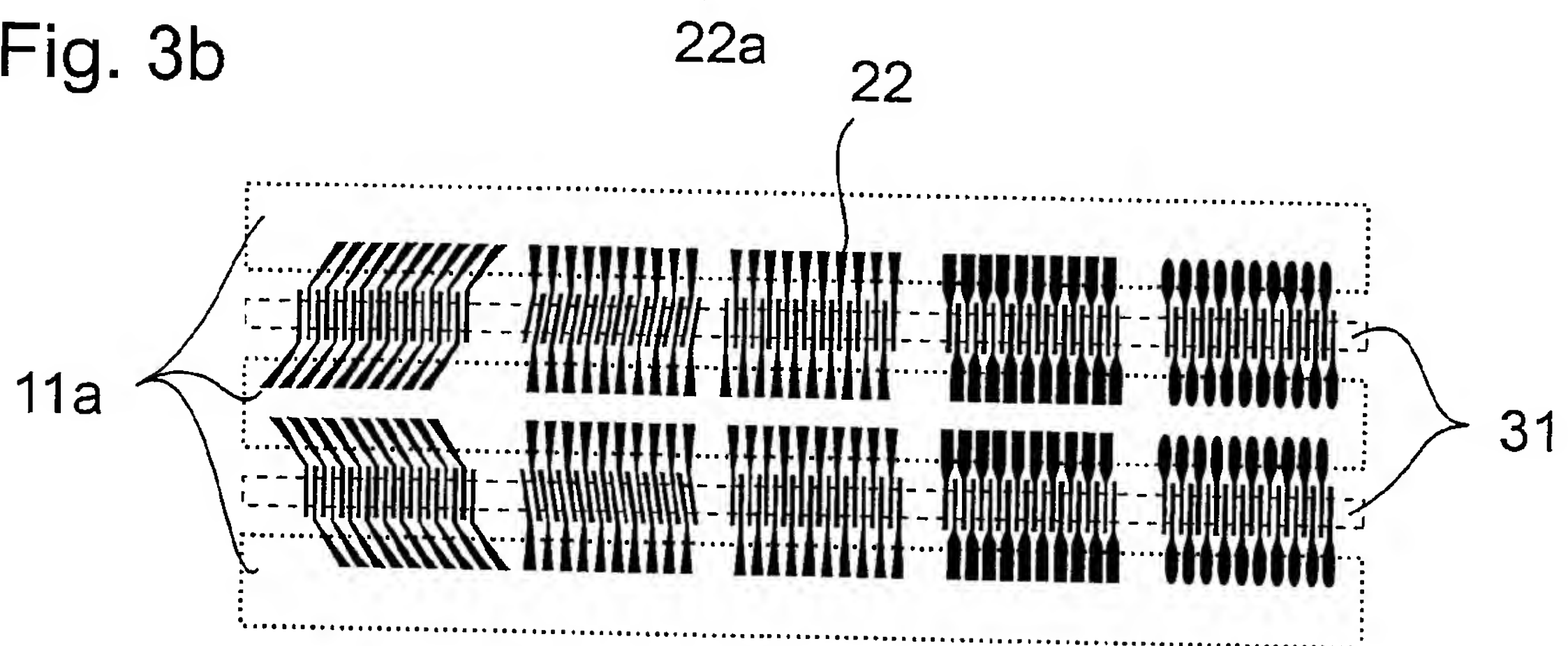


Fig. 3b



DE 202 18 972 U1

07.12.02

Fig. 4a

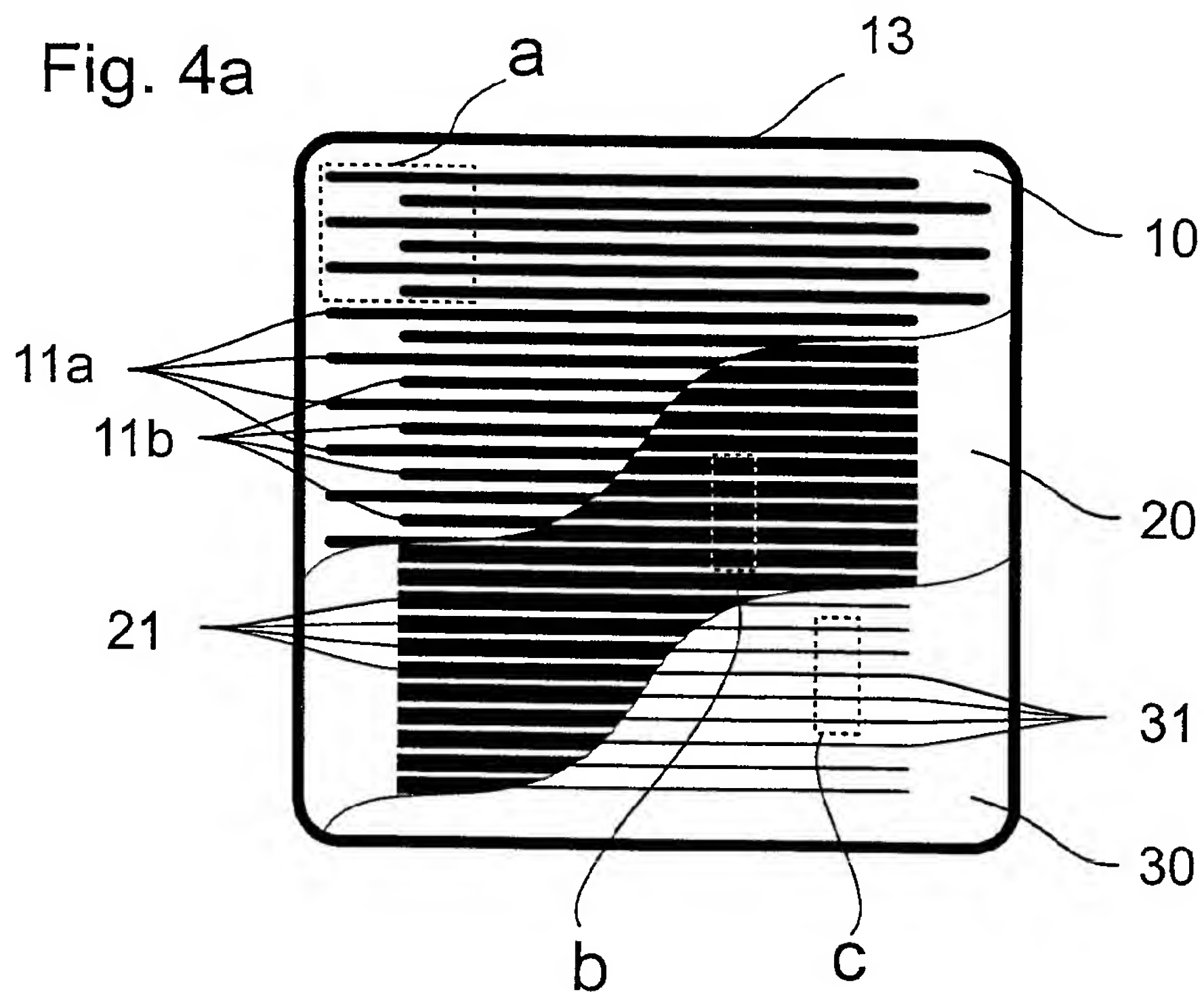
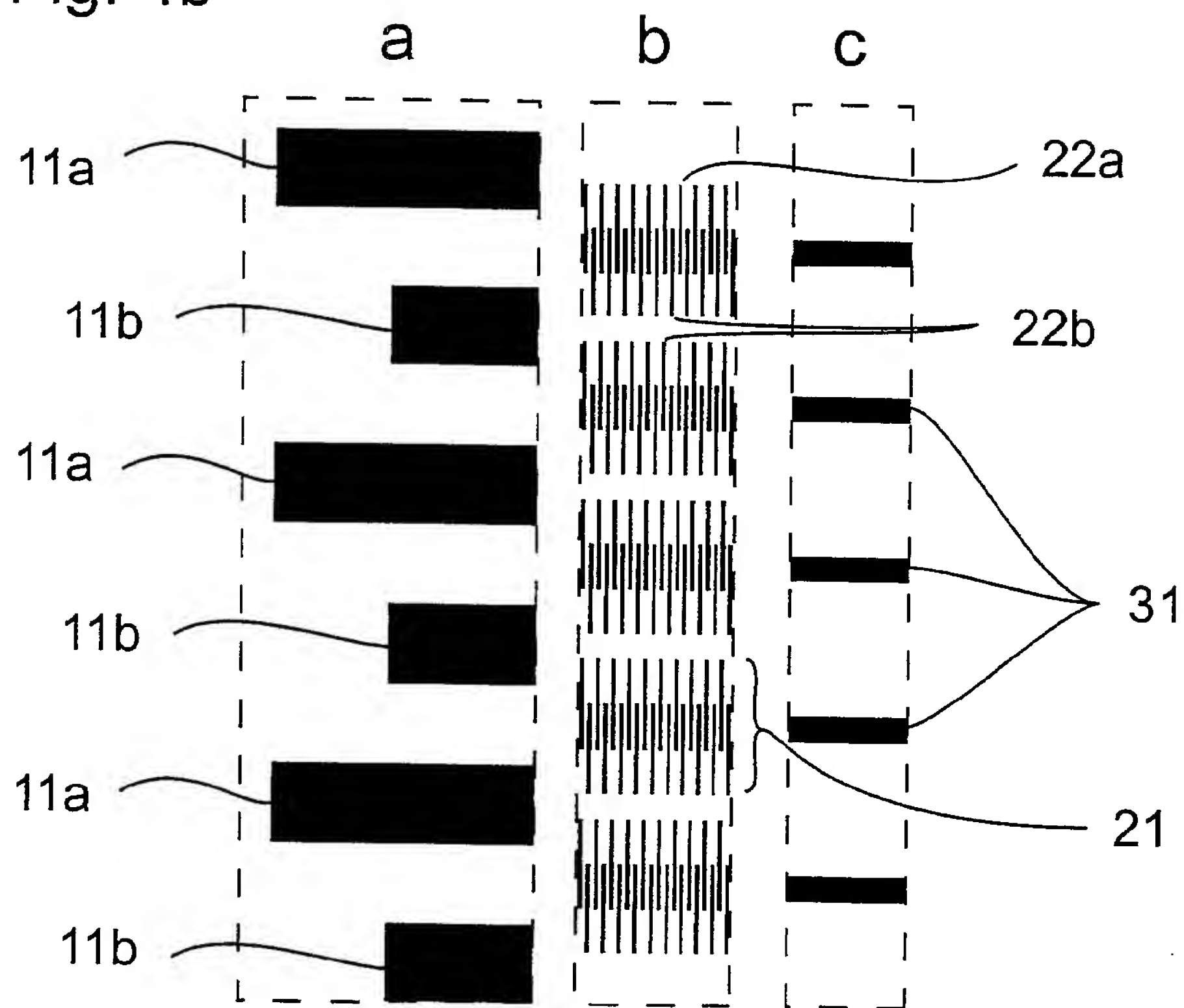


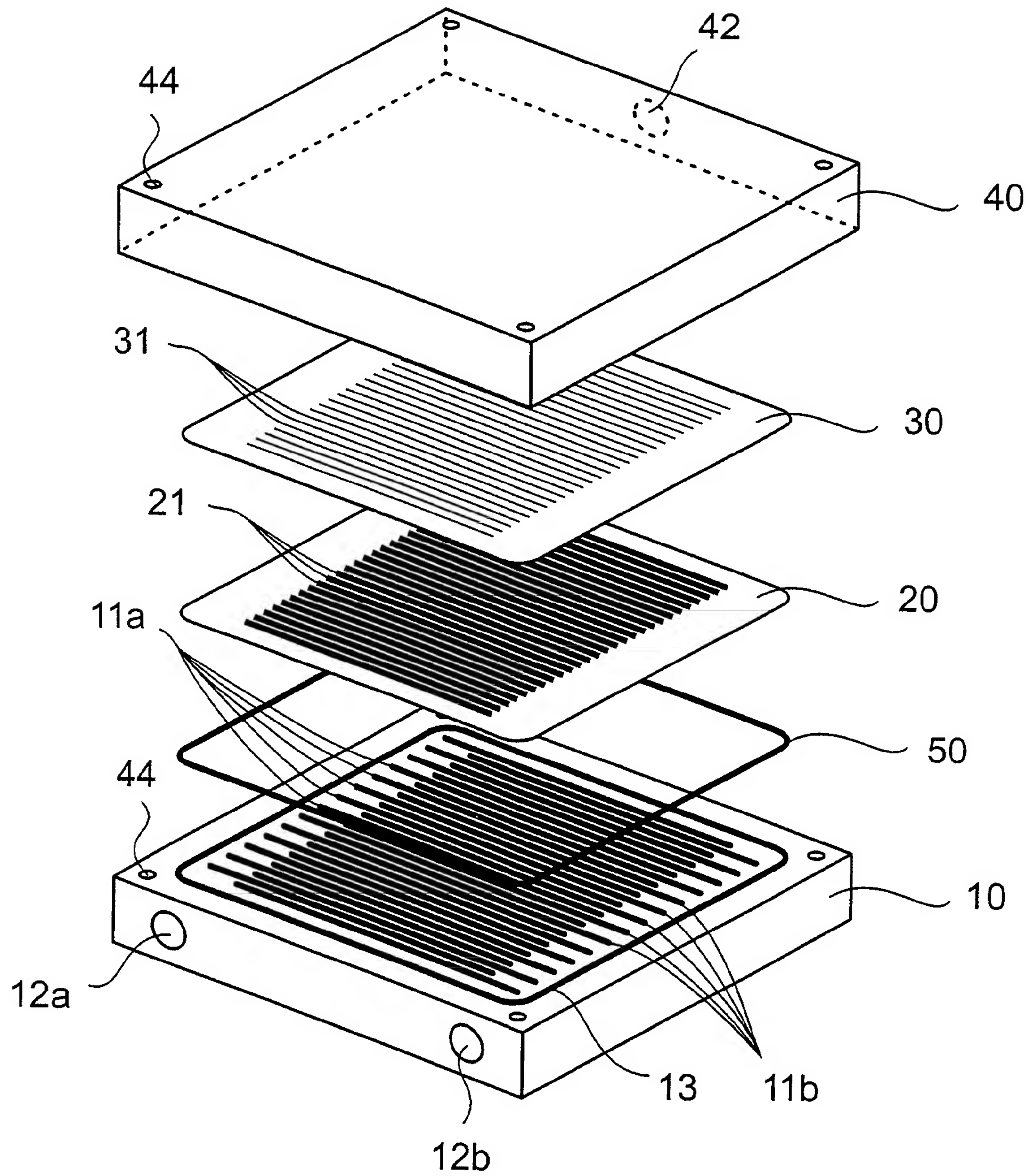
Fig. 4b



DE 200 18 972 U1

07.12.02

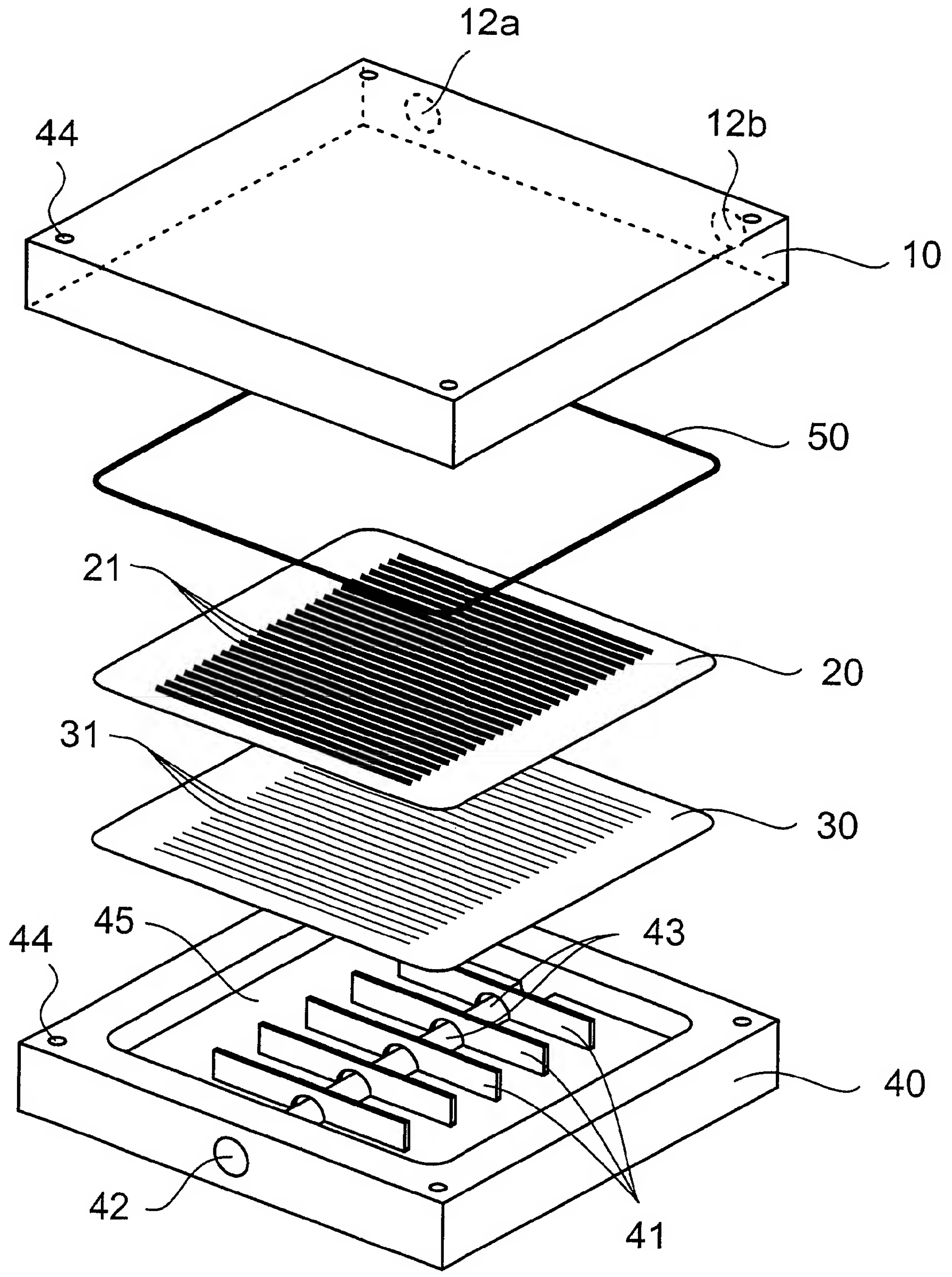
Fig. 5



DE 202 18 972 U1

07.12.02

Fig. 6



DE 200 18 972 U1

07.12.02

Fig. 7a

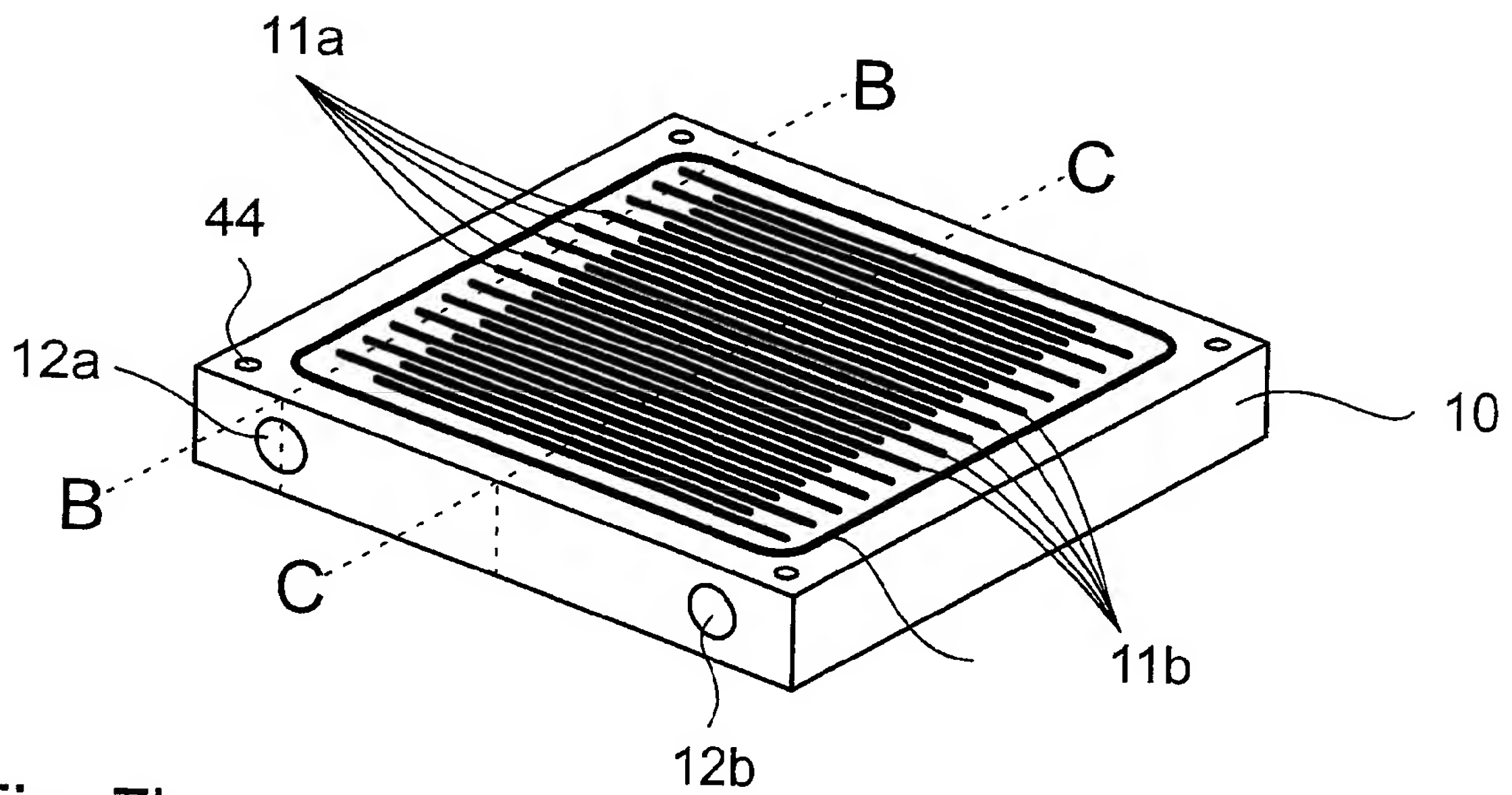


Fig. 7b

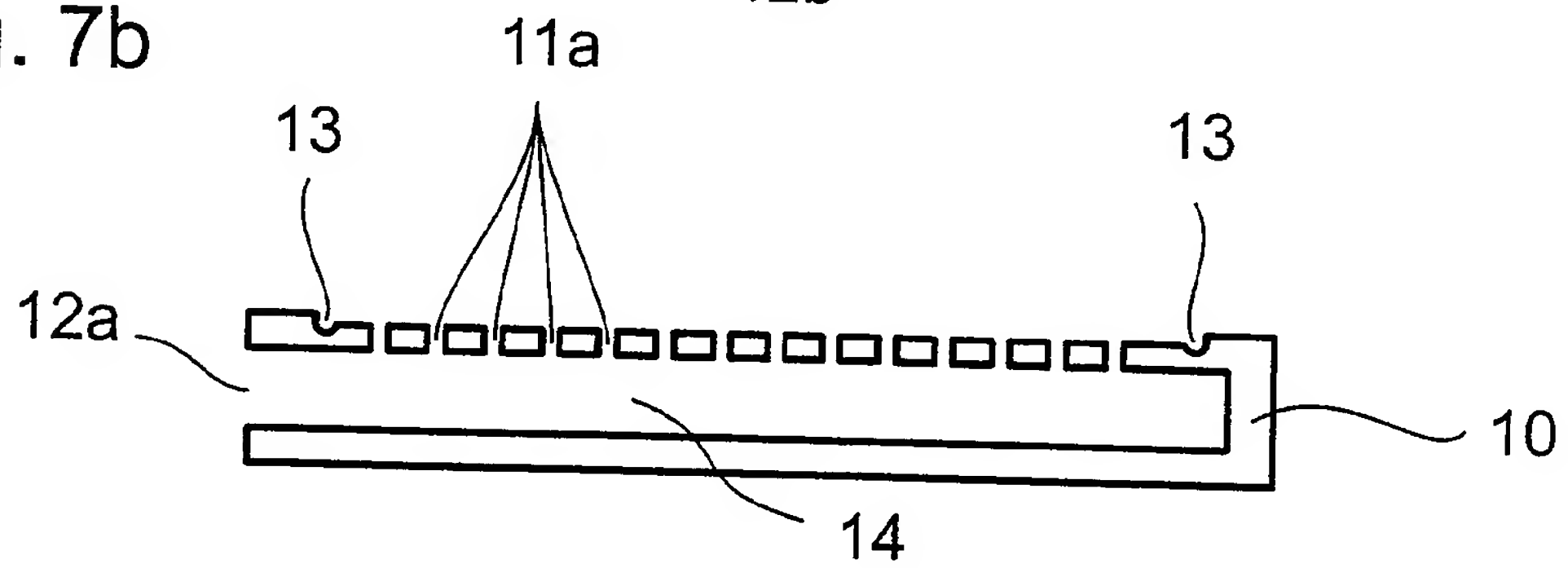
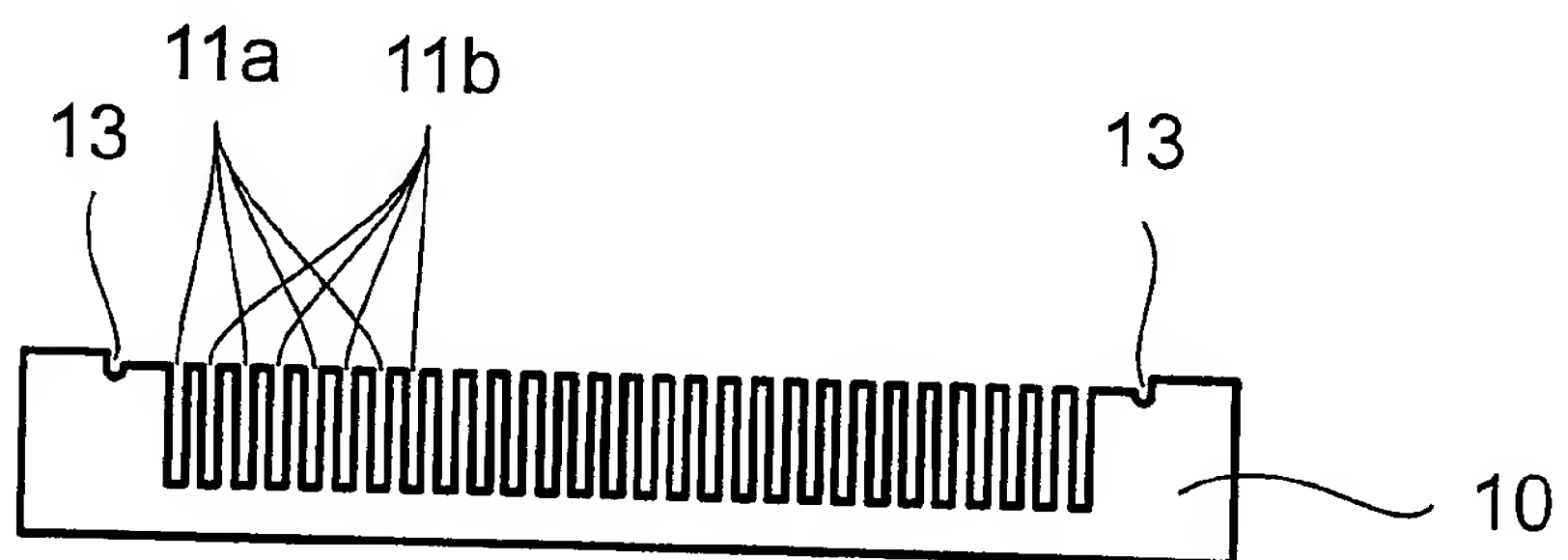


Fig. 7c



DE 202 18 972 U1

07.12.02

Fig. 8a

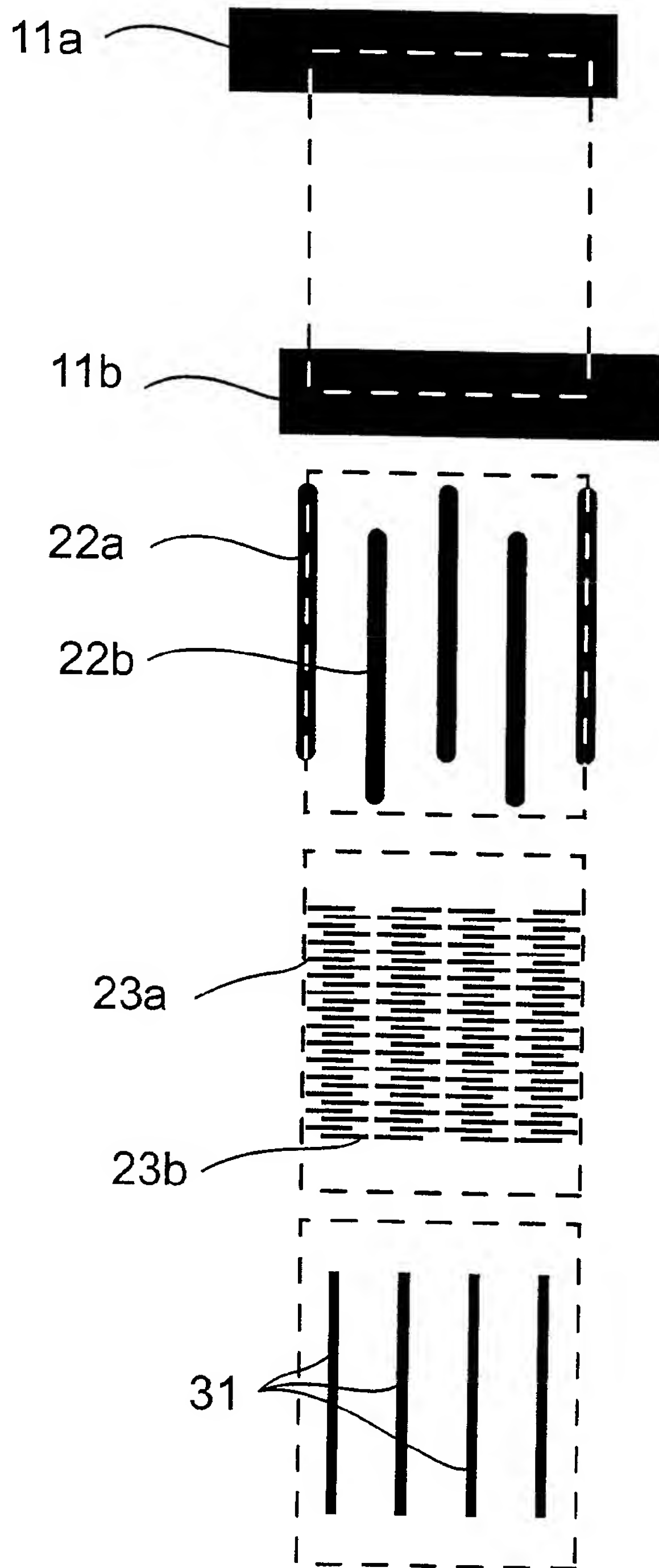
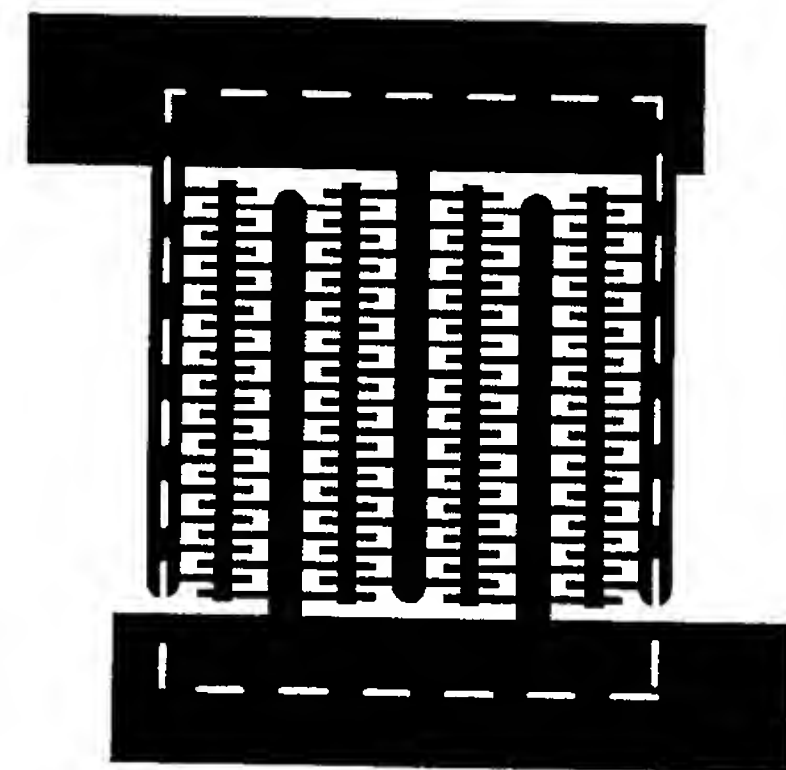


Fig. 8b



DE 202 18 972 U1



US 20060087917A1

(19) **United States**(12) **Patent Application Publication** (10) **Pub. No.: US 2006/0087917 A1**
(43) **Pub. Date: Apr. 27, 2006**(54) **STATIC LAMINATION MICRO MIXER**(30) **Foreign Application Priority Data**(76) Inventors: **Wolfgang Ehrfeld**, Mainz (DE);
Matthias Kroschel, Bad Kreuznach
(DE); **Till Merkel**, Ulm (DE); **Frank**
Herbstritt, Alzey (DE)

Dec. 7, 2002 (DE)..... 20218972.4

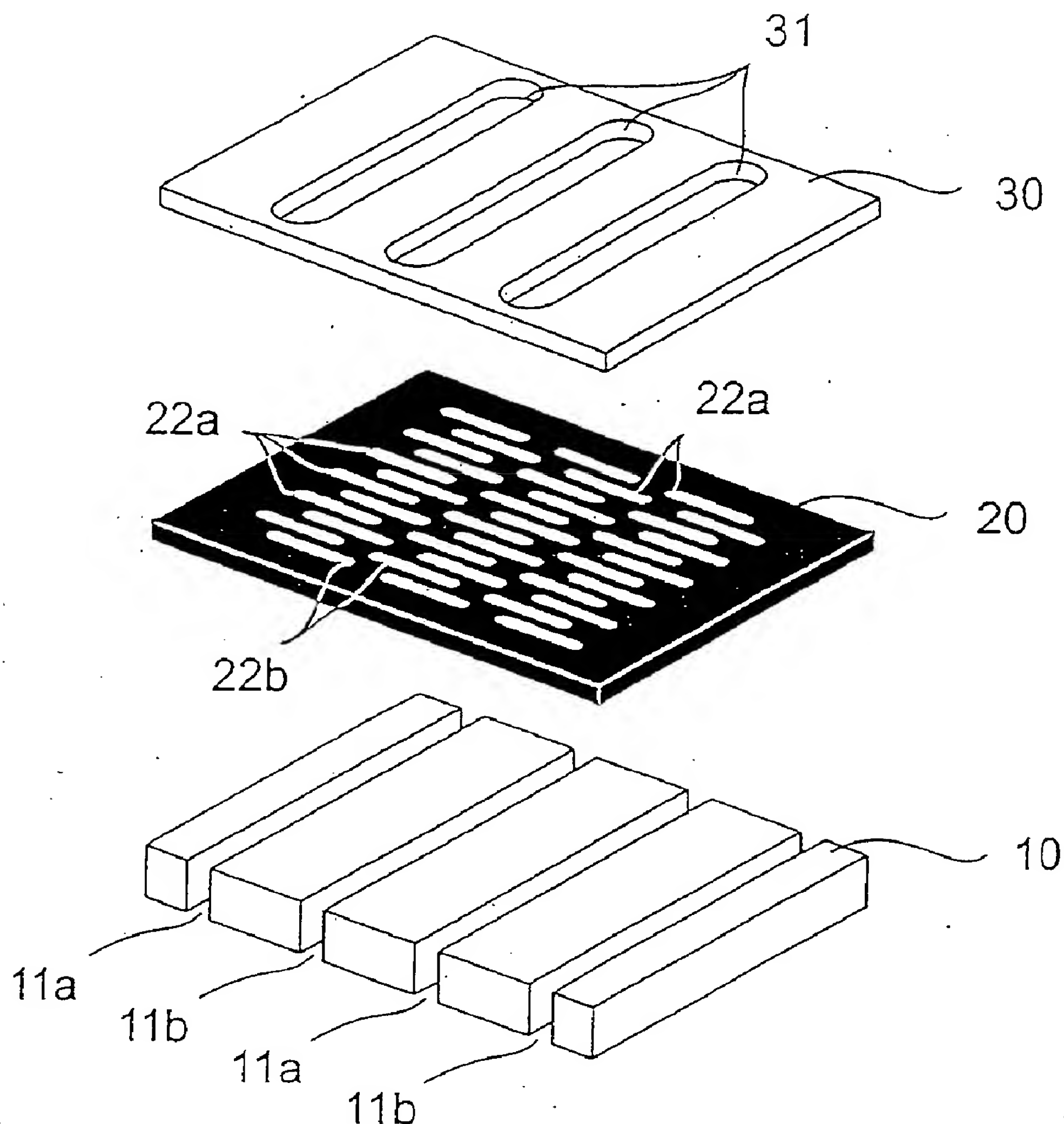
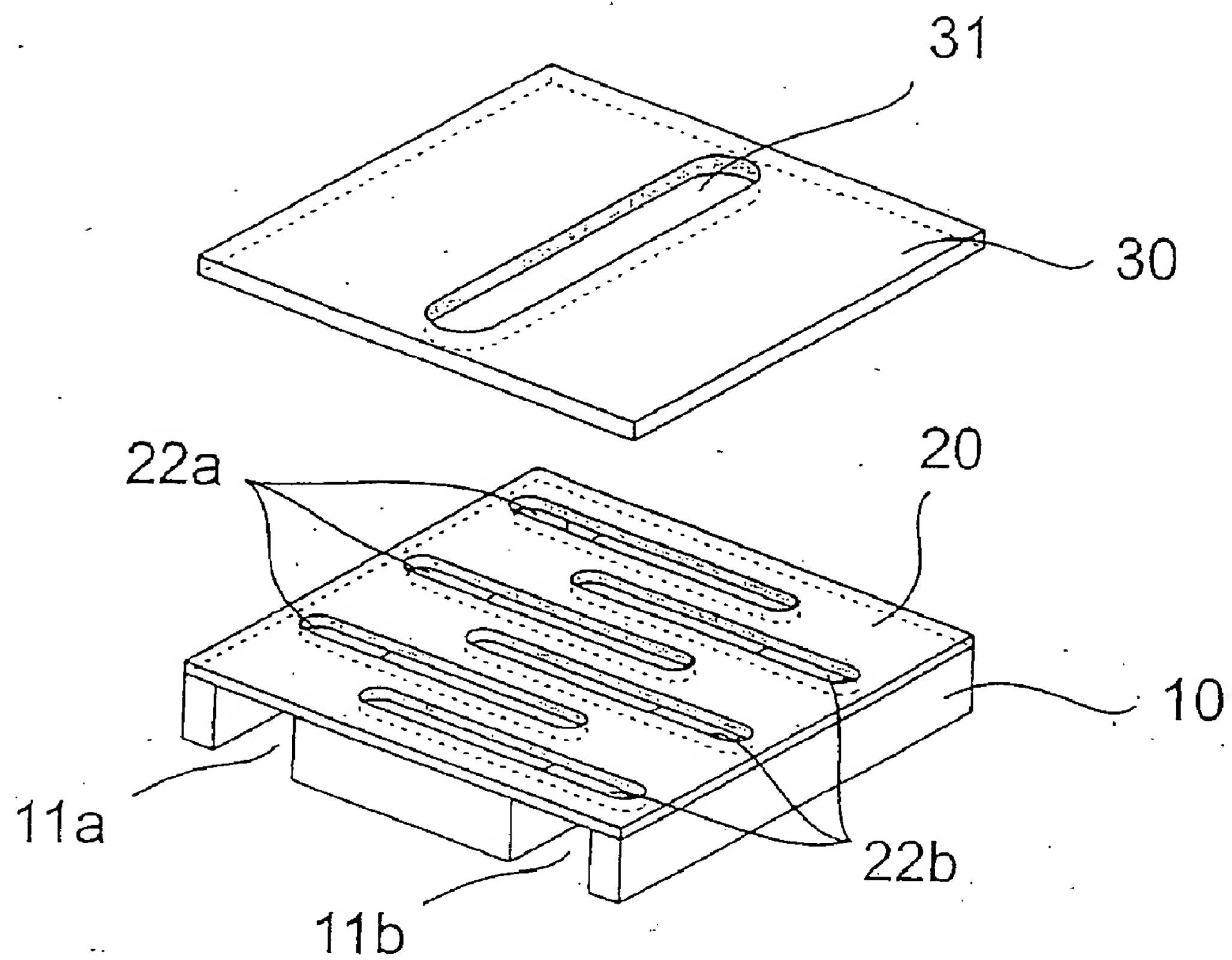
Publication Classification(51) **Int. Cl.**
B01F 5/00 (2006.01)
B81B 1/00 (2006.01)
(52) **U.S. Cl.** **366/340; 366/DIG. 3**Correspondence Address:
NORRIS, MCLAUGHLIN & MARCUS, P.A.
875 THIRD AVE
18TH FLOOR
NEW YORK, NY 10022 (US)(57) **ABSTRACT**(21) Appl. No.: **10/535,262**(22) PCT Filed: **Dec. 3, 2003**(86) PCT No.: **PCT/EP03/13603**Static lamination micro mixer comprising at least one slotted
plate having slot openings and an aperture plate having
aperture slots arranged above the slotted plate.

Fig. 1



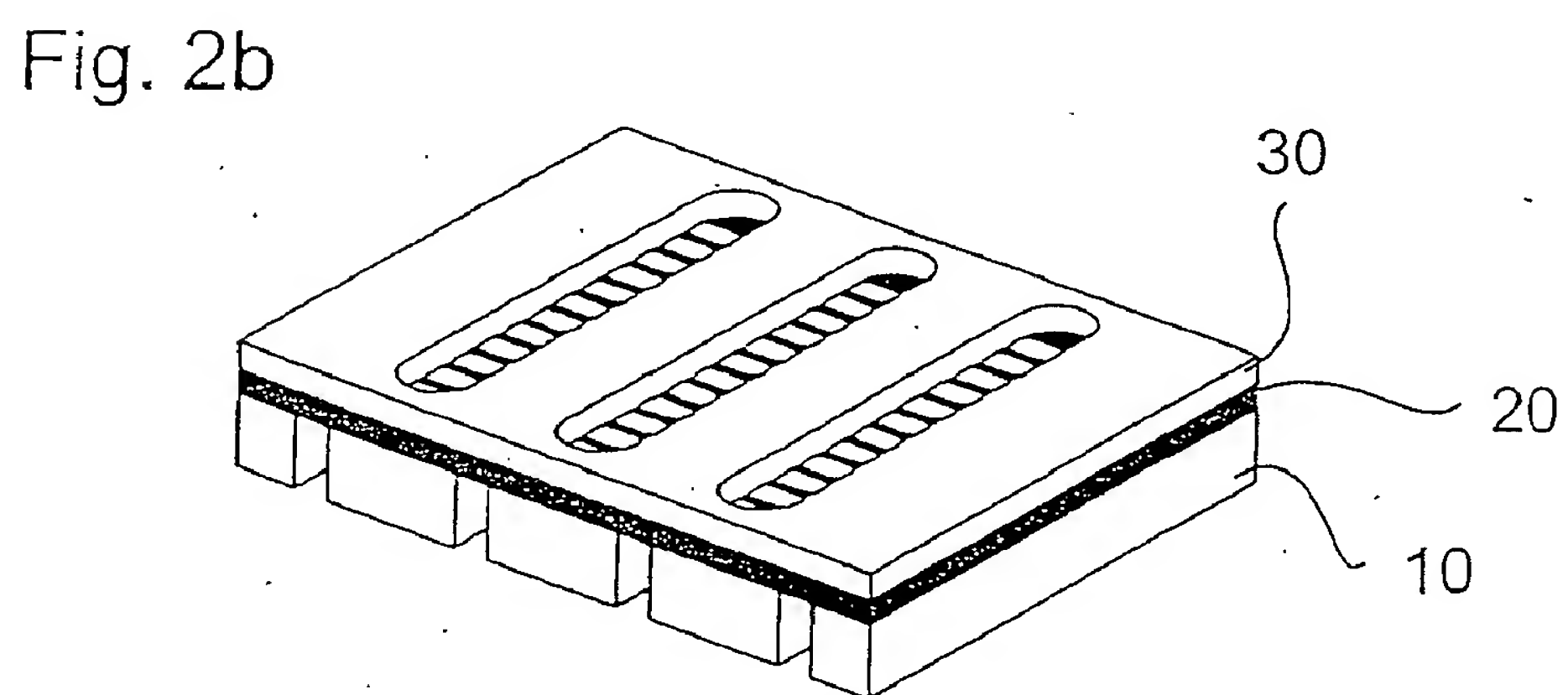
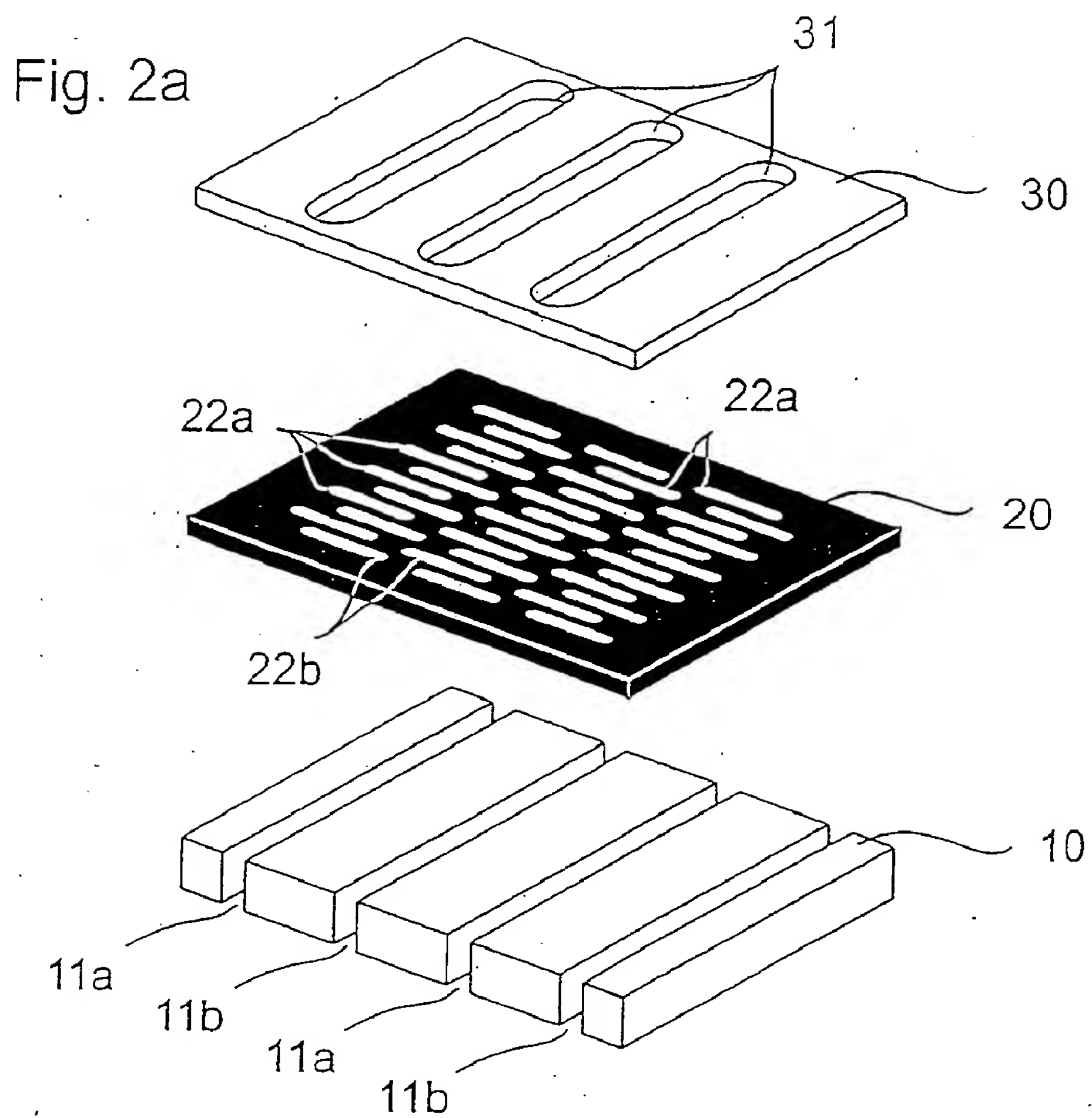


Fig. 3a

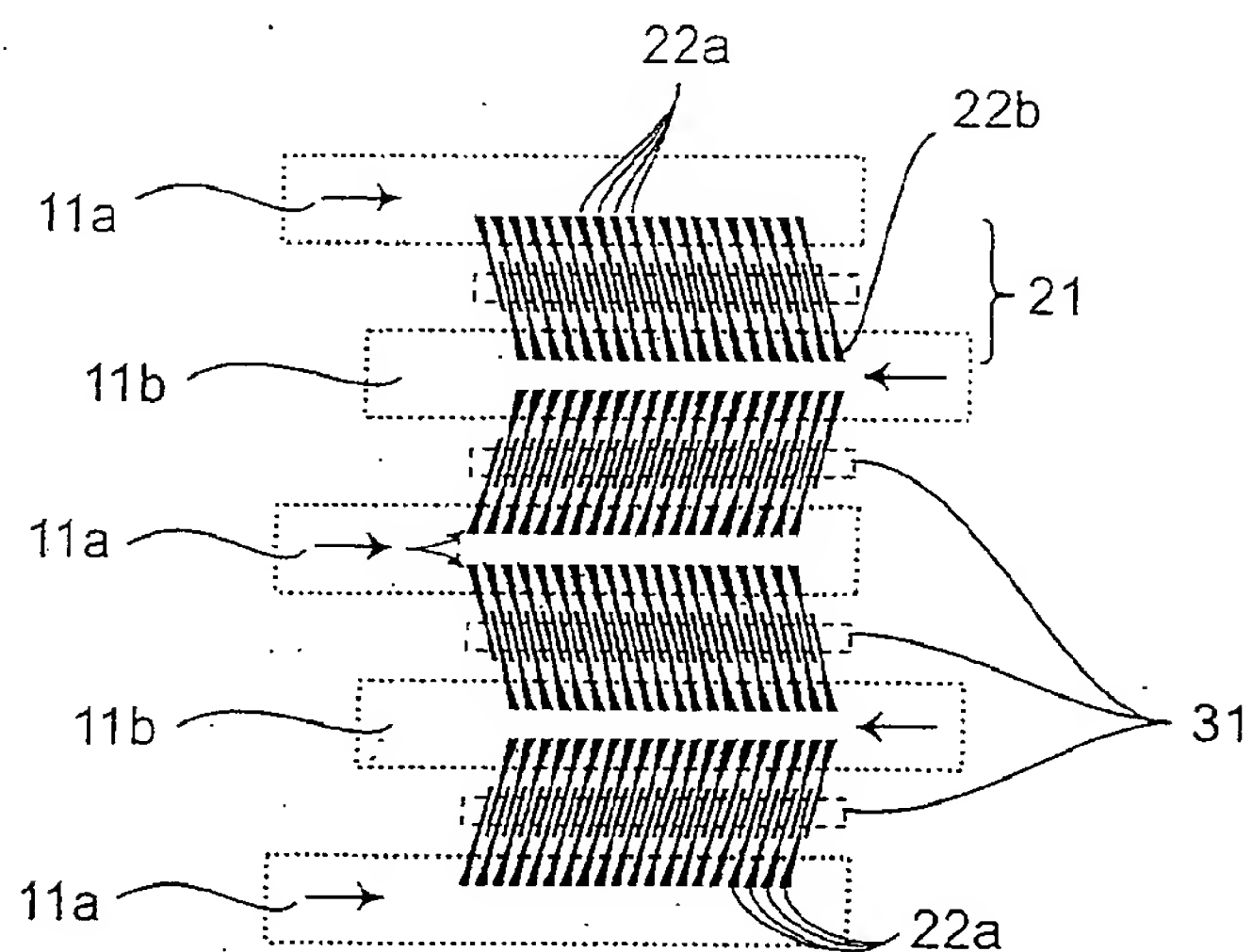


Fig. 3b

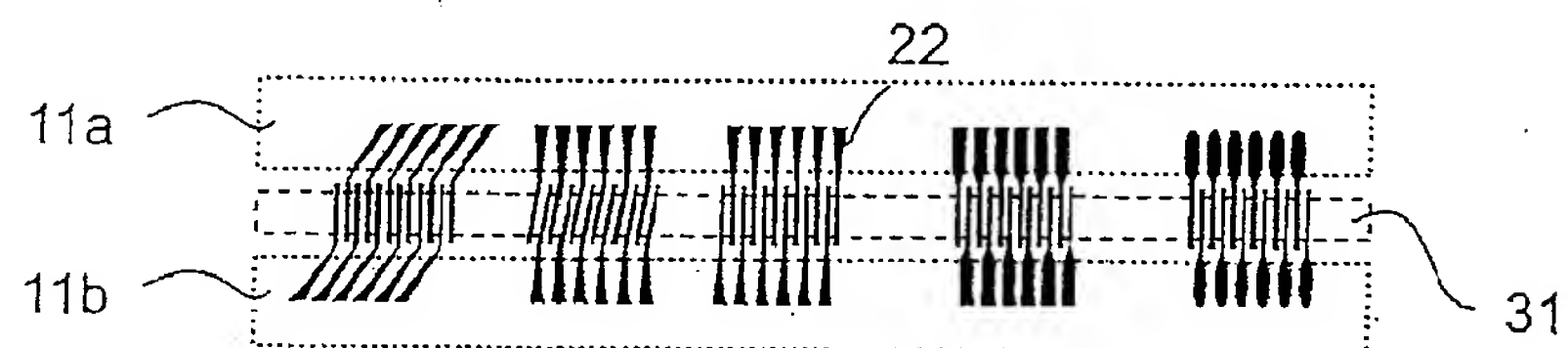


Fig. 3c

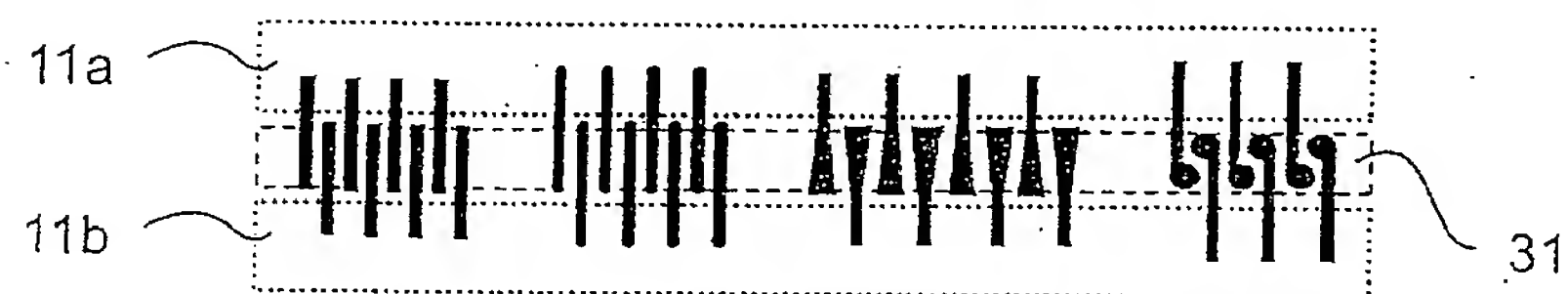


Fig. 3d

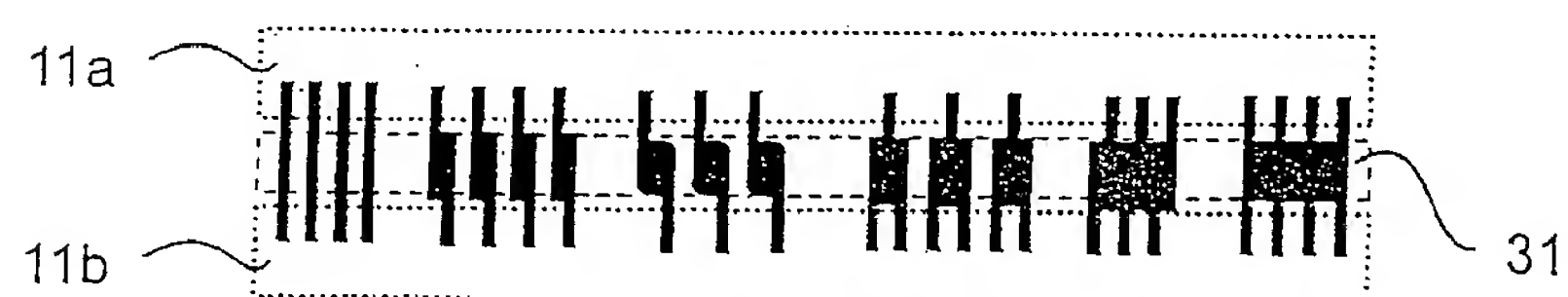


Fig. 3e

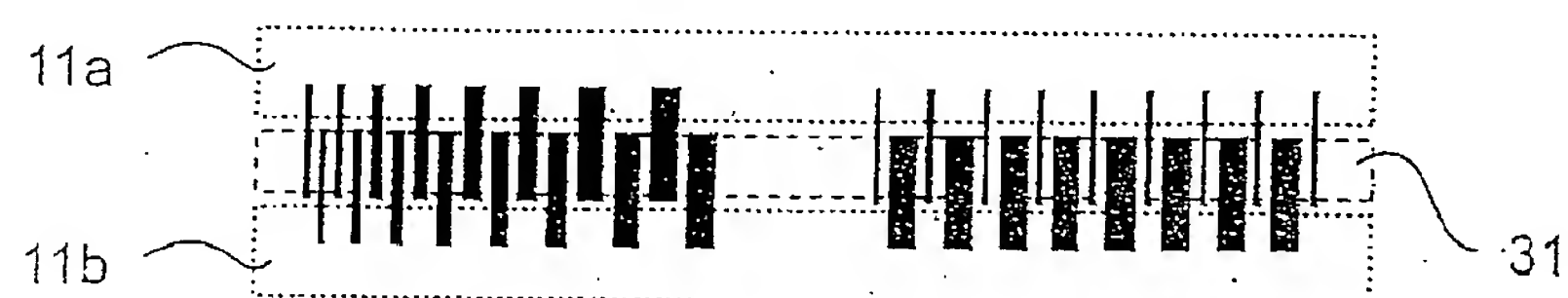
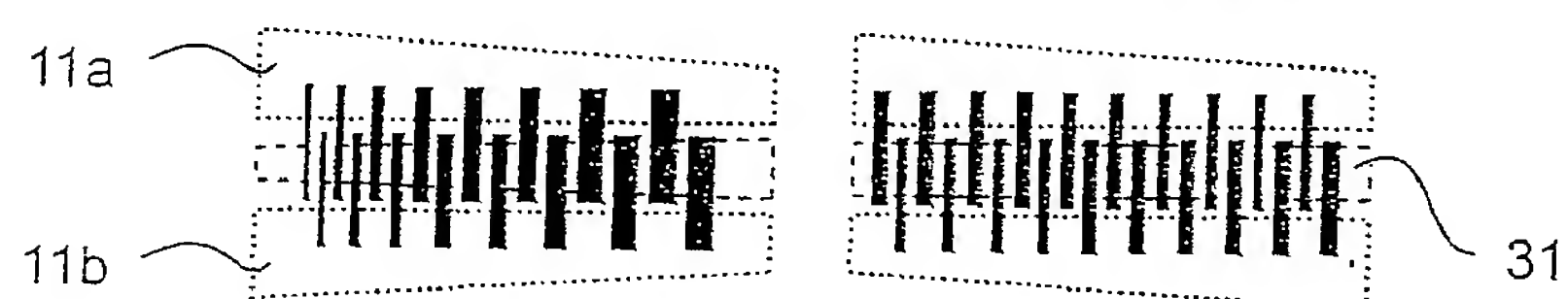


Fig. 3f



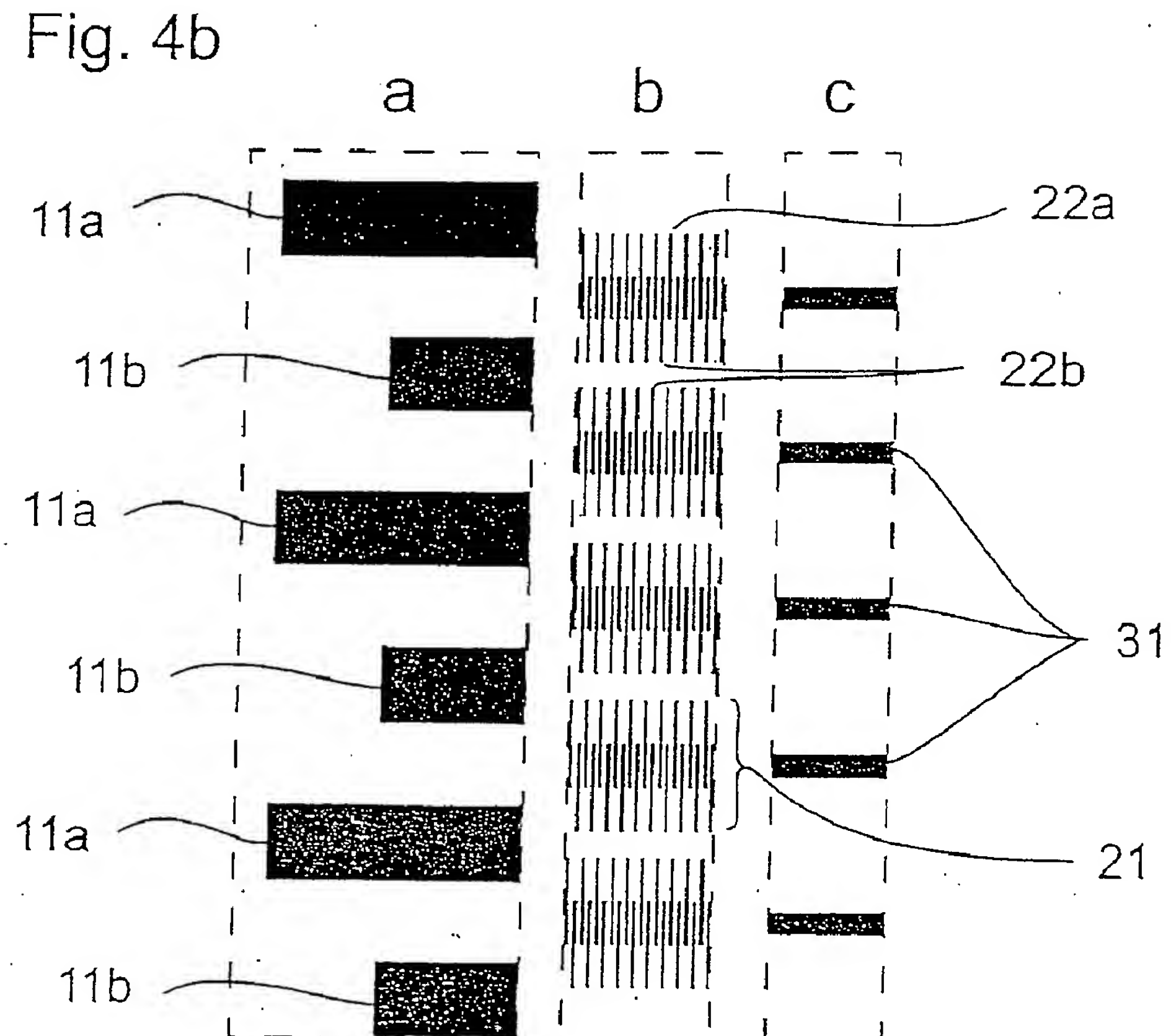
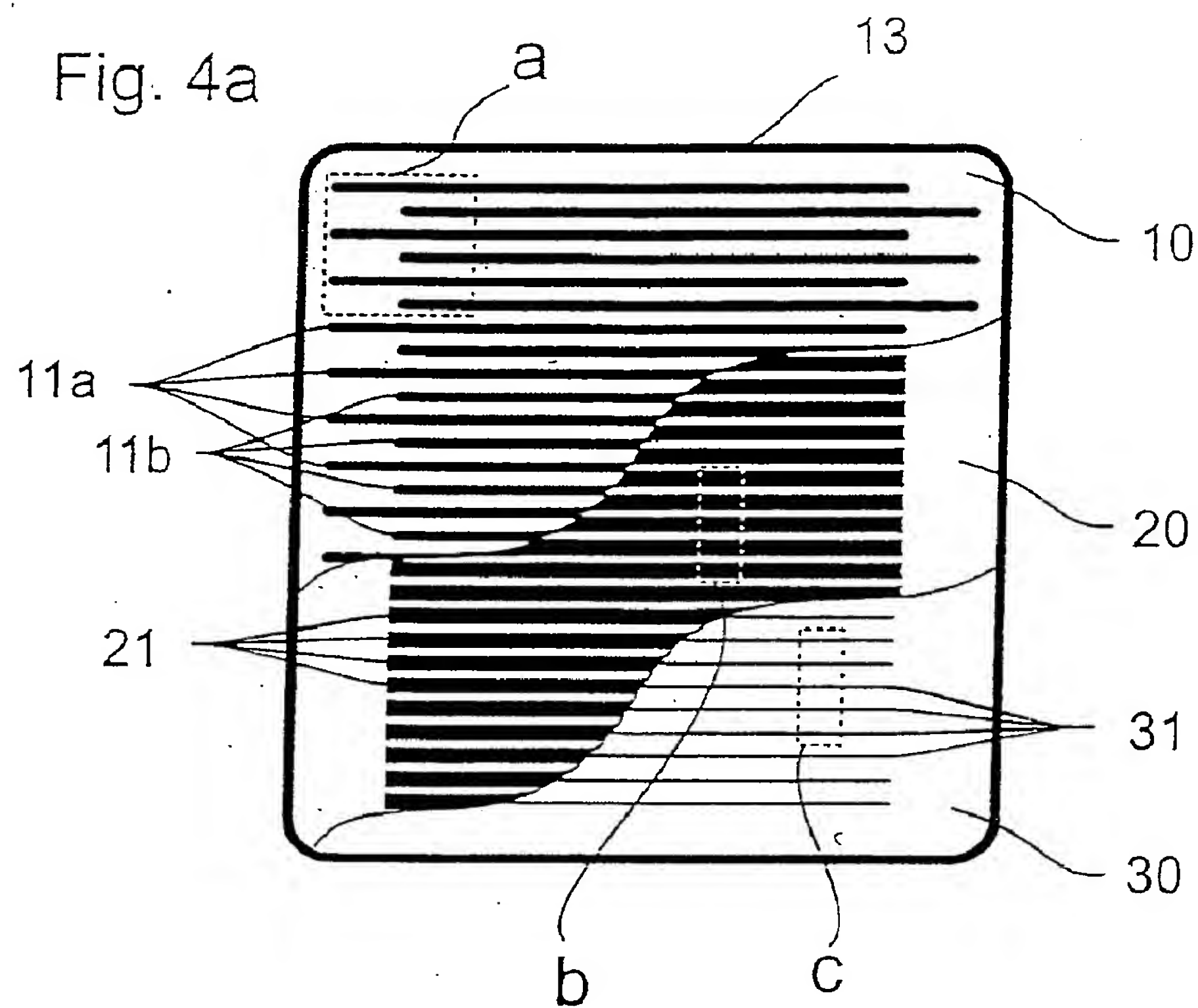


Fig. 5

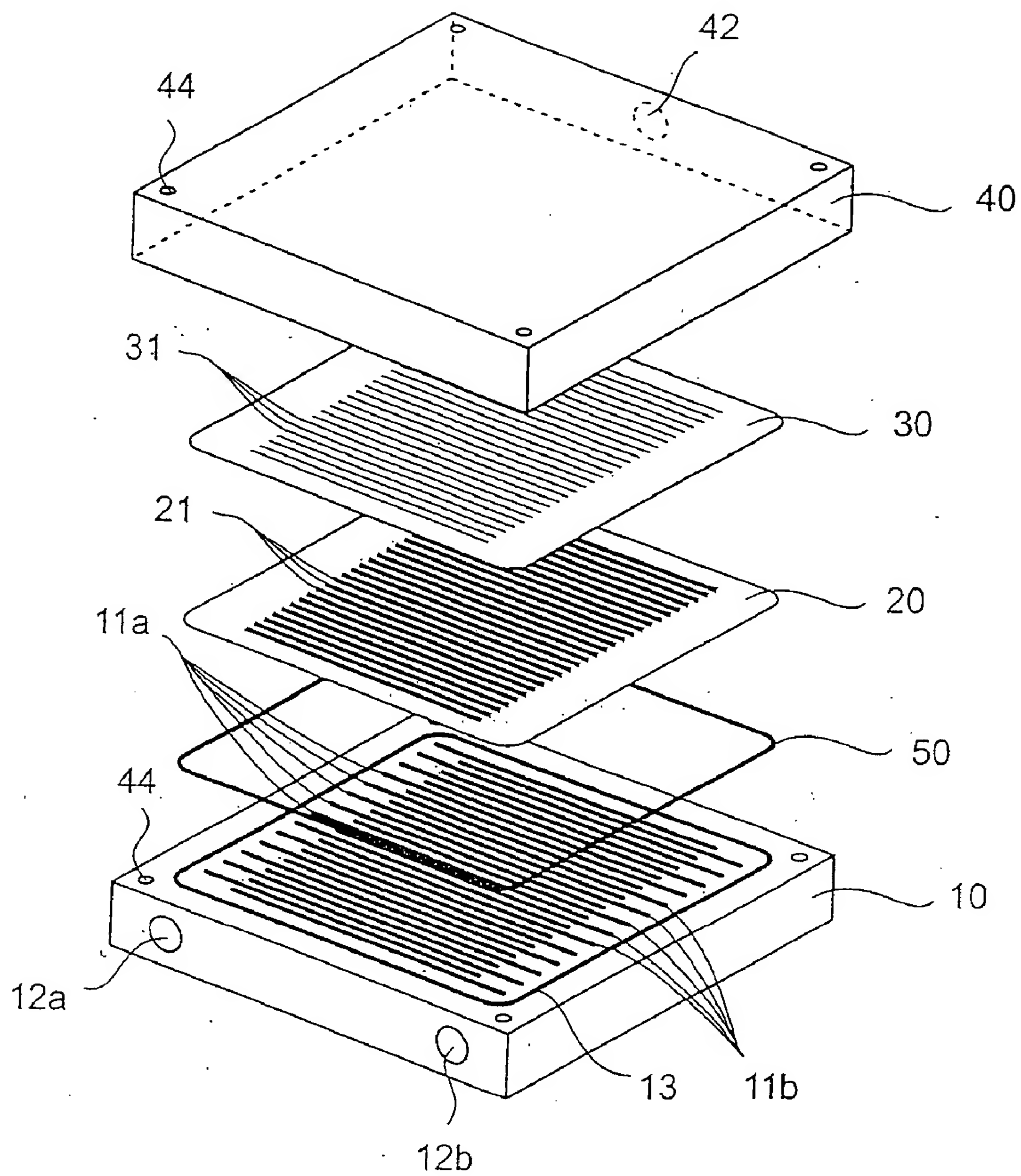


Fig. 6

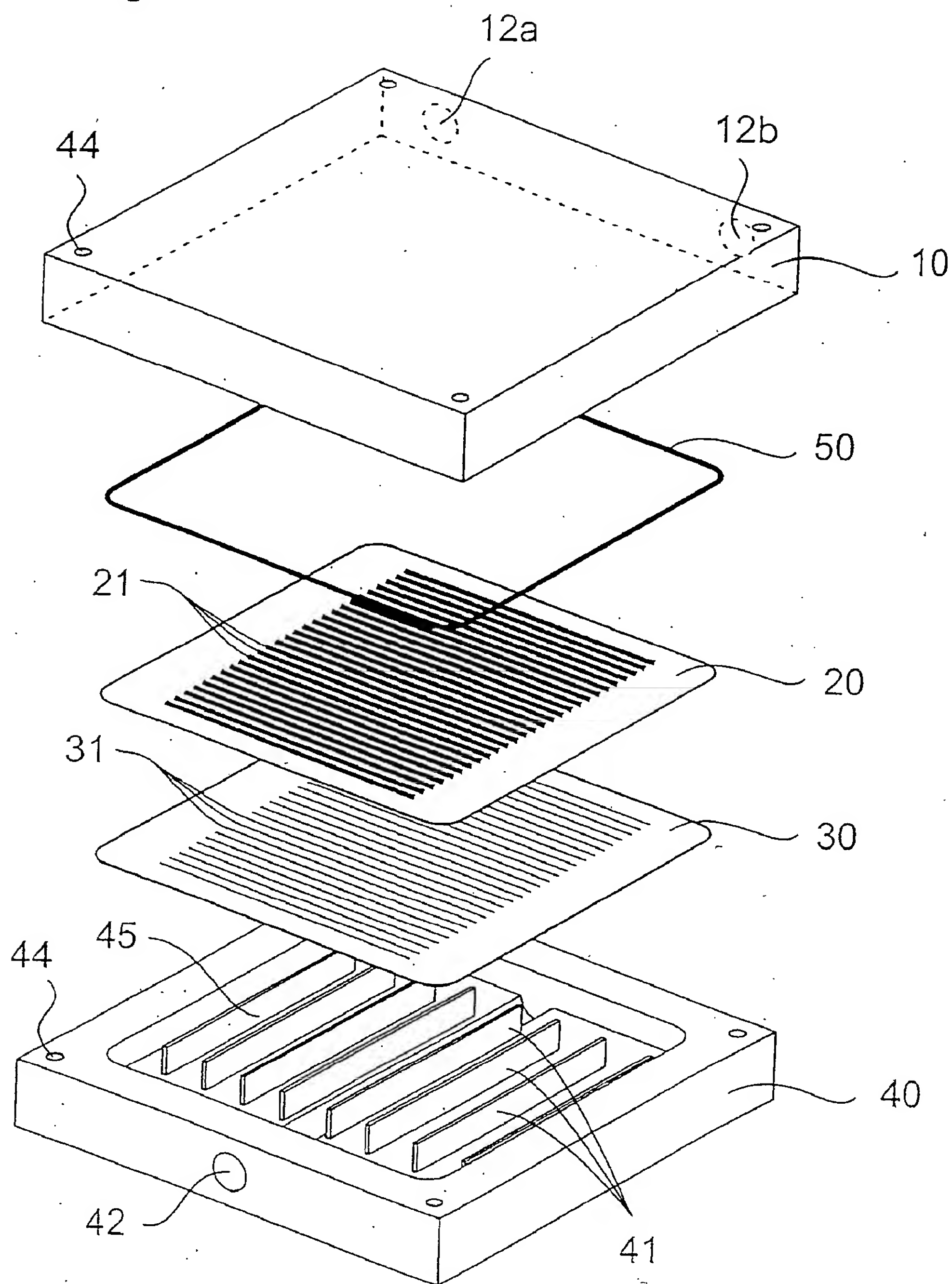


Fig. 7a

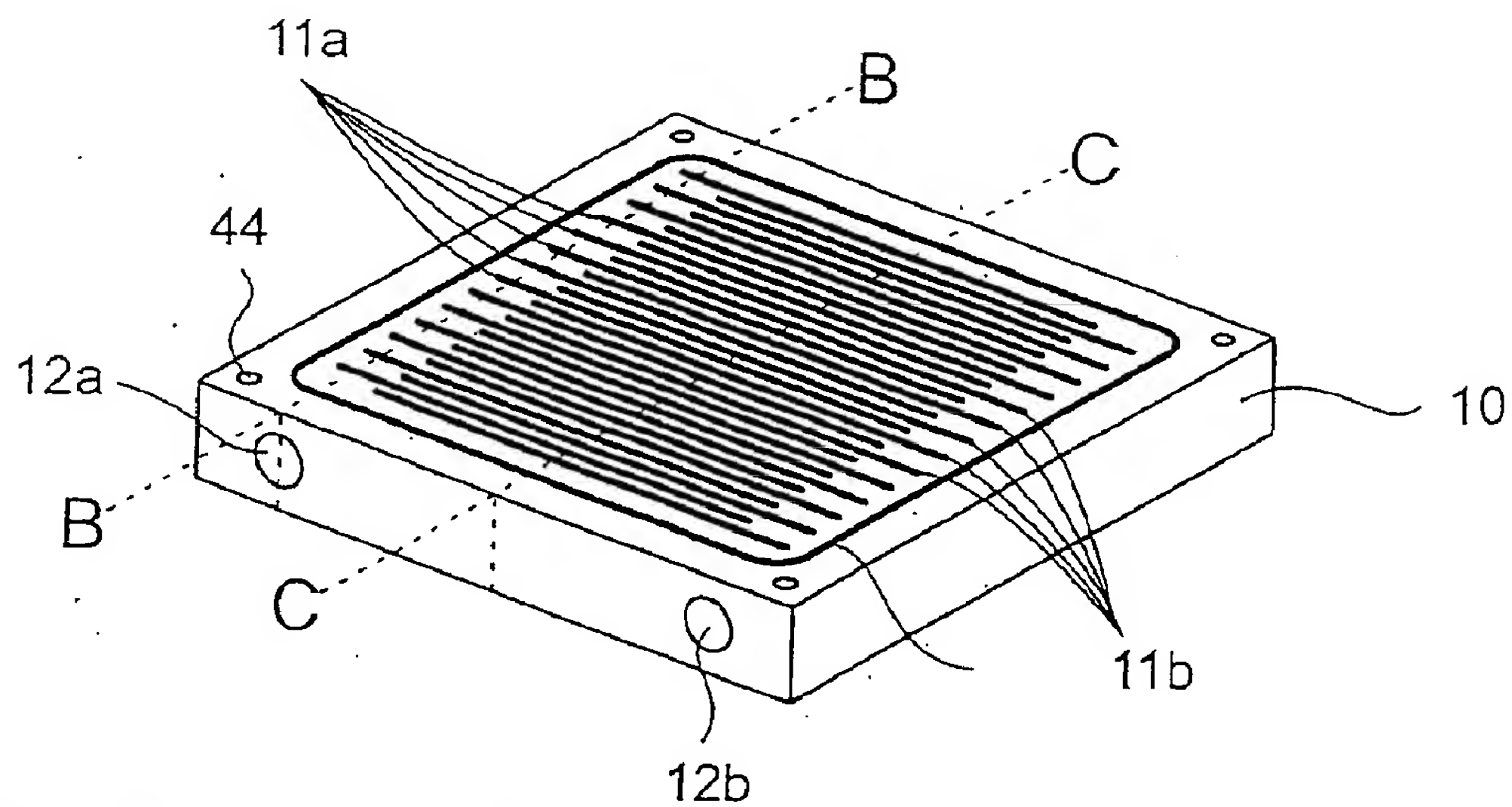


Fig. 7b

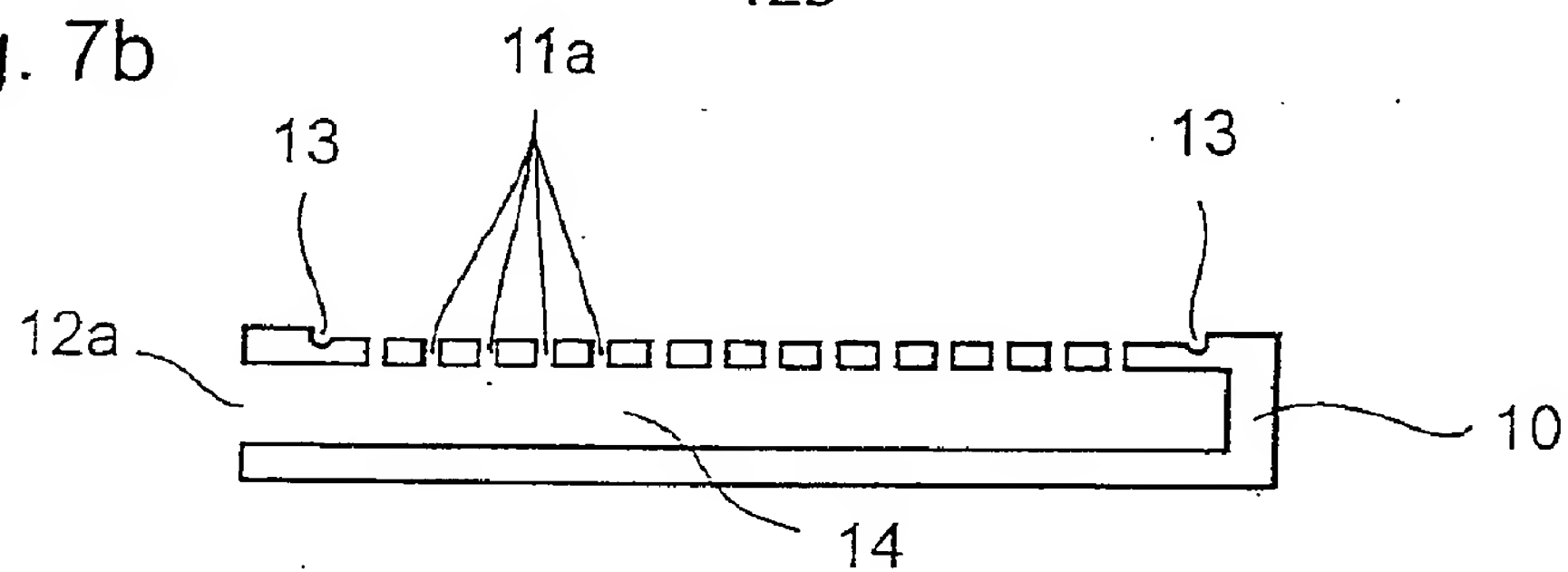


Fig. 7c

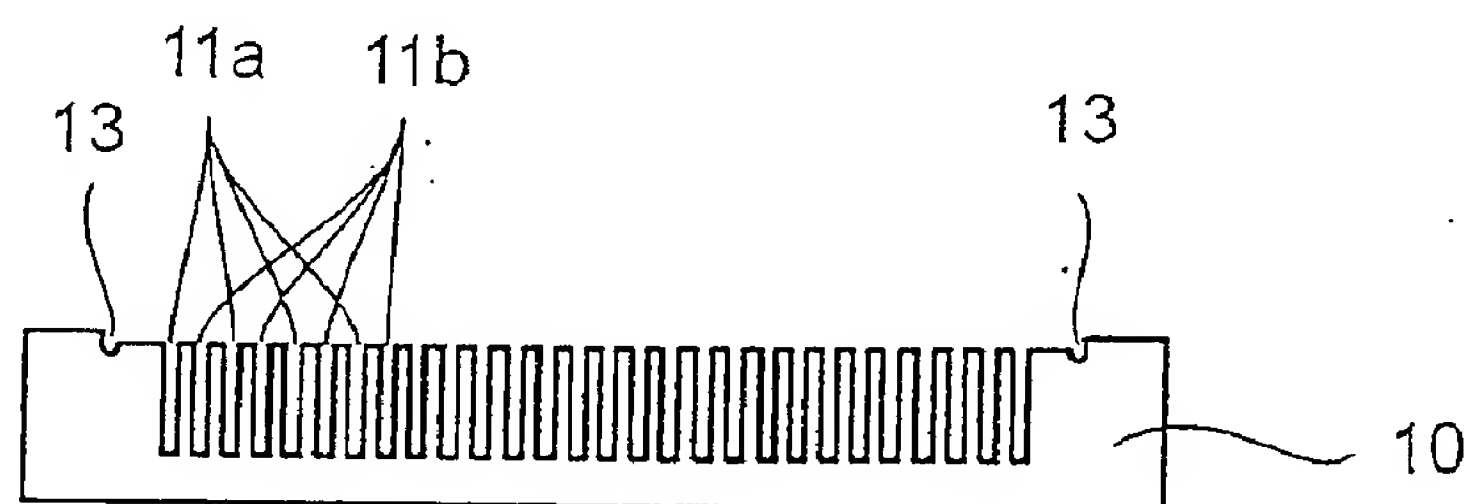


Fig. 8a

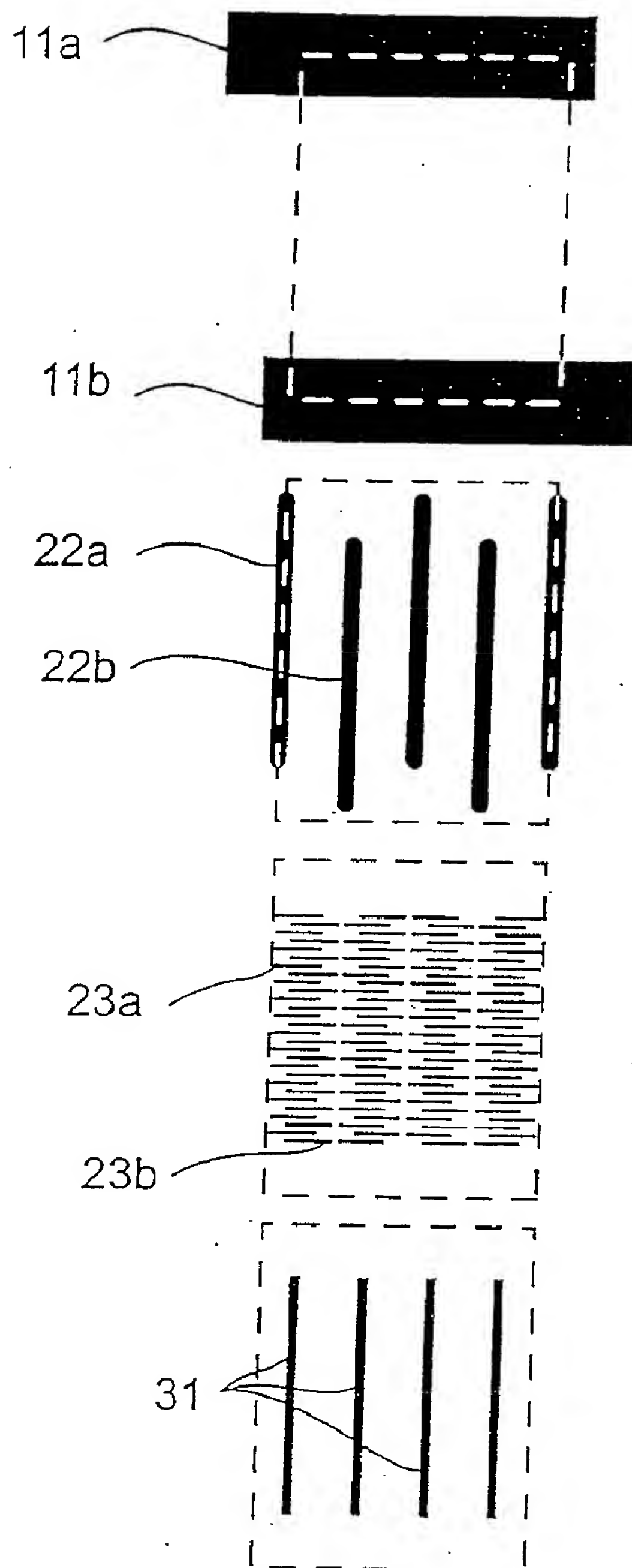


Fig. 8b

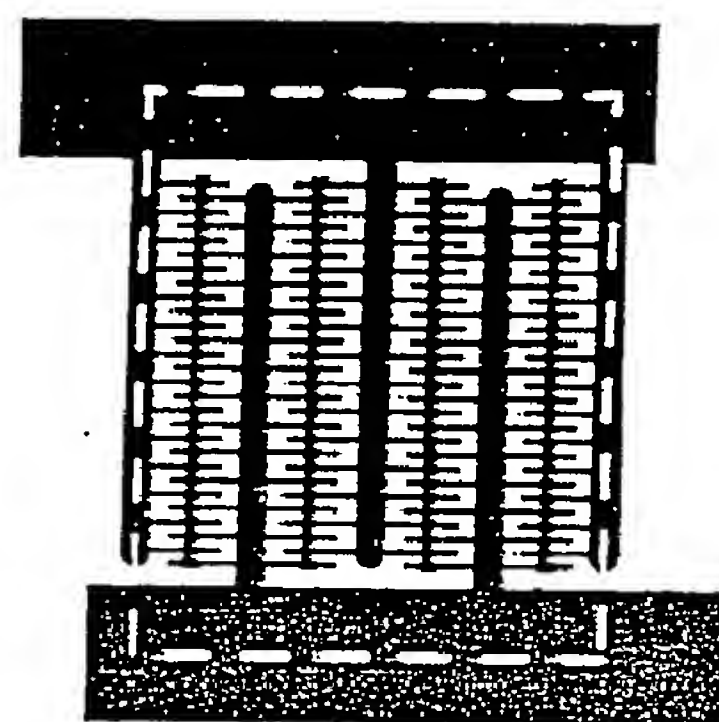


Fig. 9a

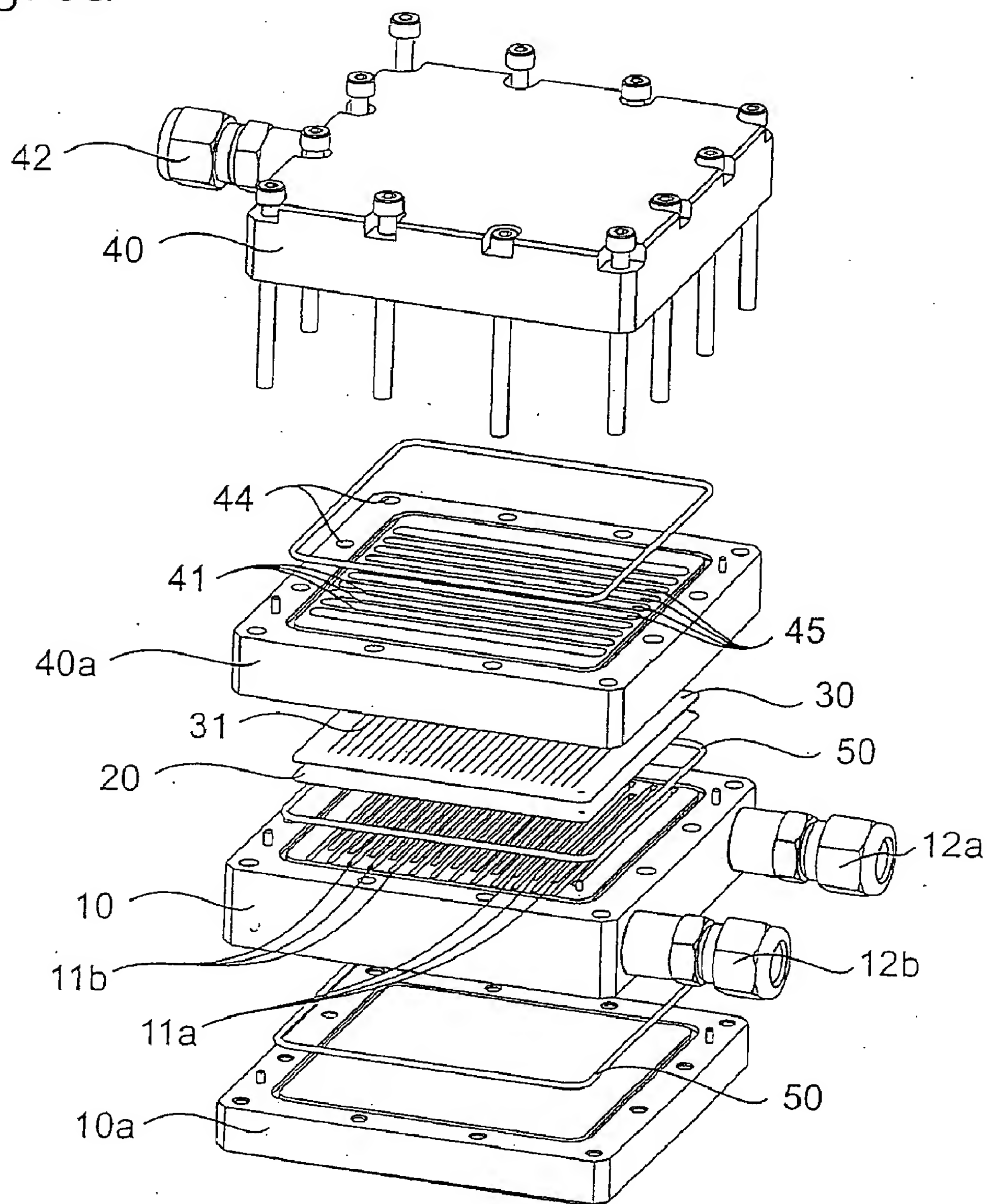


Fig. 9b

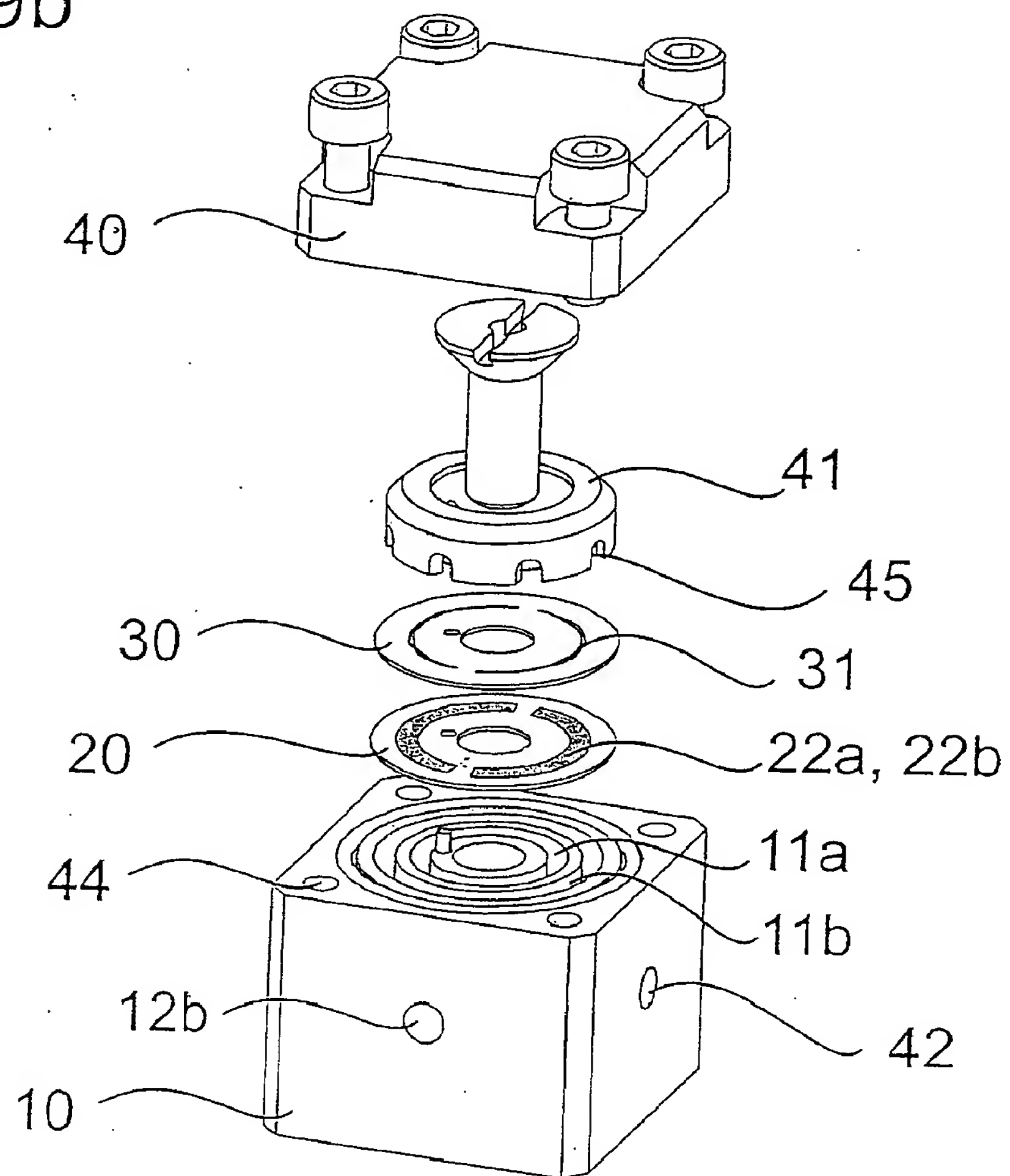
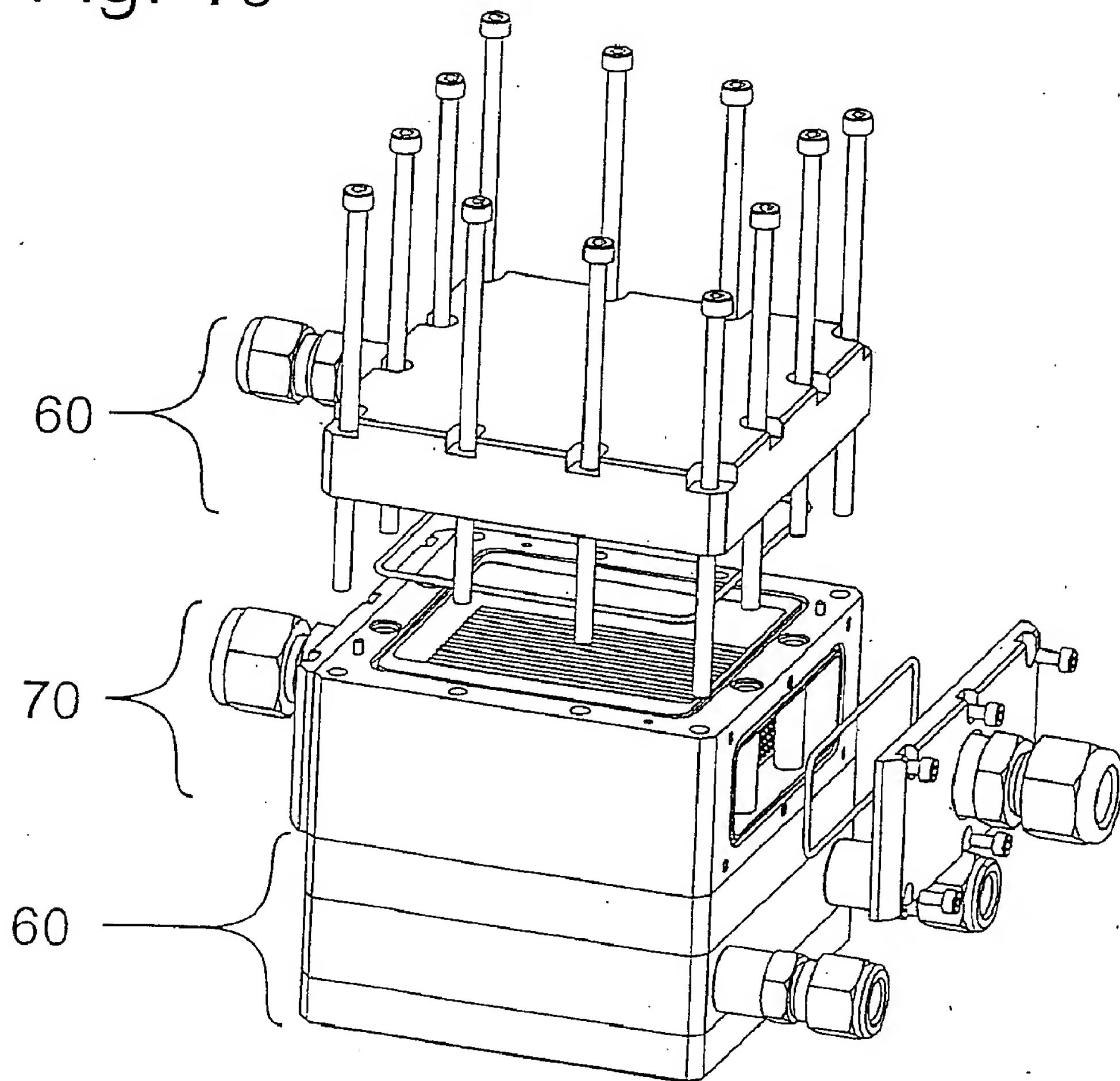


Fig. 10



STATIC LAMINATION MICRO MIXER

[0001] The invention relates to a micro-mixer for mixing, dispersing, emulsifying or suspending at least two fluid phases, it being necessary for this micro-mixer to have at least one slotted plate having slot openings and an aperture plate having aperture slots arranged above the former. The slot openings in the slotted plate(s) and aperture plate(s) are formed as continuous openings. The opening can be shaped as desired; the opening preferably has a simple geometry (for example a hole or rectangular slot).

[0002] Static micro-mixers are key elements in micro-reaction technology. Static micro-mixers use the principle of multi-lamination, in order in this way to achieve rapid mixing of fluid phases by means of diffusion. A geometric configuration of alternately arranged lamellae makes it possible to ensure good mixing in the microscopic range. Multi-lamination mixers made of structured and periodically stacked thin plates are already extensively described in the literature; examples of this will be found in German patents DE 44 16 343, DE 195 40 292 and the German patent application DE 199 28 123. In addition, as opposed to the multi-lamination mixers, which comprise structured and periodically stacked thin plates, the German patent application DE 199 27 554 describes a micro-mixer for mixing two or more educts, the micro-mixer having mixing cells. Each of these mixing cells has a feed chamber which is adjoined by at least two groups of channel fingers which engage in the manner of a comb between the channel fingers in order to form mixing regions. Above the mixing region there are outlet slots, which extend at right angles to the channel fingers and through which the product emerges. As a result of the parallel connection in two spatial directions, a considerably higher throughput is possible.

[0003] The invention specified in Patent claim 1 is based on the problem that micro-mixers can clog up with contaminating particles and therefore tend to block; as a result of the inadequate cleaning possibilities, there is a considerable restriction of the possible uses of micro-mixers. In the case of the micro-mixers constructed from plates, the plates are preferably permanently connected to one another and, as a result, the micro-structures are no longer freely accessible; cleaning of the micro-mixers described is therefore not possible in a straightforward manner. In order to clean a corresponding micro-mixer, the plate stack has to be dismantled, which generally proves to be very complicated.

[0004] These problems are solved by the static lamination micro-mixer described in Patent claim 1 which, in order to mix at least two fluid phases, contains at least one slotted plate having slot openings and an aperture plate having aperture slots arranged above the former. The slot openings are generally formed as continuous openings.

[0005] The advantages achieved by the invention consist in the fact that the static lamination micro-mixer can be produced economically, is easy to clean and the fluids to be mixed are mixed rapidly and effectively with one another. In addition, the pressure loss is so low that it can even be used for large throughputs.

[0006] Advantageous refinements of the invention are specified in claim 2 and those following. According to claim 2, the number of aperture slots in the aperture plate and/or the number of slot openings in the slotted plate can be

greater than 1. In the slot openings of the slotted plate, according to claim 3, the fluid flows led out of various regions of the fluid distribution are led in such a way that they enter the slot opening of a slotted or aperture plate located above. According to claim 5, the fluid phases come together in the slot openings of the aperture plate. The slot openings in the slotted plate can in this case be offset parallel to one another and/or arranged in a periodic pattern in relation to one another. By means of a suitable geometric form and alignment, slot openings according to claim 6 in the slotted plate can promote the production of secondary effects. These effects can be produced, for example, by separations of vortices behind the plates or by transverse components from the feed lines. The mixing at the molecular level as a result of diffusion is consequently overlaid by secondary flows, which lead to a shortening of the diffusion paths and therefore the mixing times. According to claim 7, the slot openings can be arranged obliquely in relation to one another. A further refinement permits the slot openings to be configured in the manner of funnels or lobes. This refinement of the forms can be expedient in order to achieve a uniform pressure distribution in the feed channels. This is a precondition in order to arrive at a uniform mixing quality in the entire component. Furthermore, it is possible for a plurality of slotted plates and/or aperture plates to be arranged offset from one another directly above one another. Deflection of the flow can be achieved according to claim 9 if slotted plates and/or aperture plates located directly above one another or arranged offset from one another are used. The deflection action can be used, according to claim 11, to lead the one or more fluid flows specifically to the metering point of one or more fluid flows.

[0007] The mixing chamber can be fitted above the aperture plate, according to claim 12. According to claim 13, it is also possible for the aperture slots in the aperture plate to be offset parallel to one another and/or arranged in a periodic pattern in relation to one another. A further advantageous refinement of the invention permits the slot openings in the slotted plate and the aperture slots in the aperture plate to be arranged rotated at any desired angle, preferably 90°, in relation to one another. According to claim 15, it is additionally possible for the slot openings in the slotted plate and the aperture slots in the aperture plate to have a width of less than 500 µm. In order to improve the result when mixing liquids, emulsifying or suspending, slot openings with widths smaller than 100 µm have in particular proven to be worthwhile. The width of the slot openings in the slotted plate is the same for all fluid phases in the basic type of the mixer. However, it has been shown that, in the case of combining fluids which differ in terms of their viscosity and/or in which the volume flows are in a numerical ratio with one another different from 1:1, it may be advantageous if the width and/or shape and cross-section of the slot opening in the slotted plate differ for the various fluids. A further advantageous refinement permits the slotted and aperture plates to consist, partly or completely, of metal, glass, ceramic and plastic or else of a combination of these materials. According to claim 17, the slotted and aperture plates can be produced by punching, embossing, milling, erosion, etching, plasma etching, laser cutting, laser ablation or by the LIGA technique but preferably by laser cutting or the LIGA technique. A further advantageous refinement permits the slotted and aperture plates to comprise a stack of micro-structured thin plates; these thin micro-structured

plates can be connected materially to one another by means of soldering, welding, diffusion welding or adhesive bonding or with a force fit by means of screwing, pressing (for example in a housing) or riveting. An advantageous refinement according to claim 20 permits the aperture slots in the aperture plate and the slot openings in the slotted plate to be of branched configuration. The static micro-mixer obtained in this way can, according to claim 21, be accommodated in a housing provided for the purpose. According to claim 22, the housing can contain channels and in this way permits spatial distribution of the fluids. According to claim 23, these channels can be arranged parallel to one another, radially, concentrically or behind one another. In order to achieve a suitable distribution of the speeds along the channels, it may be advantageous to maintain or to vary the cross sections over their length, according to claim 24.

[0008] According to claim 25, the micro-mixer can be used individually or as a constituent part of a modularly constructed arrangement for carrying out physical or chemical conversions or, according to claim 26, together with other functional modules, integrated into one component.

[0009] Exemplary embodiments of the inventions are illustrated in the drawings and will be described in more detail below.

[0010] In the drawings:

[0011] FIG. 1 shows a schematic illustration of the static micro-mixer comprising a slotted plate and an aperture plate;

[0012] FIG. 2a shows an exploded illustration of a static lamination micro-mixer comprising lower housing part (10), feed channels (11), slotted plate (20) and aperture plate (30);

[0013] FIG. 2b shows an illustration of a static lamination micro-mixer comprising lower housing part (10), feed channels (11), slotted plate (20) and aperture plate (30);

[0014] FIG. 3a shows a plan view of the feed channels (11), slot openings (22a, 22b) and aperture slots (31) of a static lamination micro-mixer;

[0015] FIG. 3b shows a plan view of the slot openings of different geometry and orientation (22) in a slotted plate (20) of a static lamination micro-mixer;

[0016] FIG. 3c shows a plan view of the slot openings of different geometry and orientation (22) in a slotted plate (20) of a static lamination micro-mixer;

[0017] FIG. 3d shows a plan view of the slot openings of different geometry and orientation (22) in a slotted plate (20), the slot openings for both fluids overlapping in the plane of the slotted plate;

[0018] FIG. 3e shows a plan view of the slot openings of different geometry and orientation (22) in a slotted plate (20), the slot openings having different widths and forms;

[0019] FIG. 3f shows a plan view of the slot openings of different geometry and orientation (22) in a slotted plate (20), the slot openings, the aperture slots (31) and/or the feed channels (11) having different and variable widths and forms;

[0020] FIG. 4a shows a plan view of a static lamination micro-mixer comprising lower housing part (10), slotted plate (20) and aperture plate (30);

[0021] FIG. 4b shows a plan view of a static lamination micro-mixer;

[0022] FIG. 5 shows an exploded illustration of a static micro-mixer;

[0023] FIG. 6 shows an exploded illustration of a static micro-mixer with the viewing angle from below;

[0024] FIG. 7a shows a schematic illustration of the lower housing part (10);

[0025] FIG. 7b shows a cross section through lower housing part (10) along the plane B-B;

[0026] FIG. 7c shows a cross section through lower housing part (10) along the plane C-C;

[0027] FIG. 8a shows a schematic illustration of a static micro-mixer having two different slotted plates and slot openings (22, 23) arranged offset in relation to one another;

[0028] FIG. 8b shows a schematic illustration of an assembled static lamination micro-mixer having two different slotted plates;

[0029] FIG. 9a shows exploded illustrations of lamination micro-mixers with a parallel offset arrangement of the channels in order to divide the fluids in the housing;

[0030] FIG. 9b shows exploded illustrations of lamination micro-mixers having a radially concentric arrangement of the channels in order to divide the fluids in the housing;

[0031] FIG. 10 shows a lamination micro-mixer (60) (cf. FIG. 9a) as a constituent part of an integrated process arrangement together with a heat exchange unit (70).

[0032] FIG. 1 shows a schematic illustration of a static lamination micro-mixer comprising lower part 10, a slotted plate 20 and an aperture plate 30. The lower part 10 contains the feed channel 11a for the fluid A and the feed channel 11b for the fluid B. The slotted plate 20 has slot openings 22a and 22b for the fluids A and B, which are fed from the feed channel 11a and 11b. Above the slotted plate 20 there is the aperture plate 30 having an aperture slot 31. In this case, the aperture plate 30 covers the outer region of the slot openings 22a and 22b, the central region of the slot openings 22a and 22b overlapping the aperture slot 31 and remaining free as a result.

[0033] FIG. 2a shows the exploded illustration of a static micro-mixer comprising lower part 10, feed channels 11a and 11b, slotted plate 20 and aperture plate 30. The feed channels 11a and 11b in each case contain the fluids A and B; above these feed channels there is the slotted plate 20 having the slot openings 22a and 22b. Located above the latter is the aperture plate 30, whose aperture slots are arranged at an angle of 90° in relation to the slot openings 22a and 22b.

[0034] FIG. 2b shows a schematic illustration of a static micro-mixer, as illustrated in FIG. 2a, comprising lower part 10, slotted plate 20 and aperture plate 30.

[0035] FIG. 3a shows slot openings 22a and 22b arranged as double rows in the form of slotted regions 21. These slotted regions 21 are fed with fluids through the feed channels 11a and 11b. One half of the slot openings 22a overlaps the feed channels 11a, the other overlaps the feed channels 11b. In the central region of the double rows, the

slot openings 22 overlap the aperture slot 31 fitted above. The slot openings 22 can also be arranged obliquely, as illustrated here.

[0036] FIG. 3b, FIG. 3c, FIG. 3d, FIG. 3e and FIG. 3f show slot openings 22 with different geometric configuration and orientation. Underneath the slot openings there are the feed channels 11. Above the slot openings there are the aperture slots 31. The cross sections of the feed channels 11 and of the aperture slots 31 can vary along the course (FIG. 3f). The slot openings 22 can be widened in the shape of a funnel. The width and form of the slot openings 22 can vary between the fluids (FIG. 3e) and within the fluids (FIG. 3f).

[0037] FIG. 4a shows the plan view of a lower housing part 10. The lower housing part 10 is provided with numerous slot-like feed channels 11a and 11b, which are illustrated as displaced alternately to the right or left. In the slotted plate 20 arranged above it there is the slotted region 21 illustrated as black bars; here, the slotted region 21 is in each case positioned between two feed channels 11a and 11b, so that it is overlapped by two feed channels. The aperture slots 31 of the aperture plate 30 located above are found centrally above the slotted regions 21 of the slotted plate 20.

[0038] FIG. 4b shows a schematic arrangement of feed channels 11a and 11b, slotted regions 21 and aperture slots 31.

[0039] FIG. 5 shows the exploded view of a static lamination micro-mixer; the micro-mixer comprises lower housing part 10 and upper housing part 40. Located between the lower housing part 10 and upper housing part 40 are the slotted plate 20 and the aperture plate 30. In the lower housing part 10 there is a groove 13, into which a sealing ring 50 can be inserted in order in this way to seal off the micro-mixer with respect to the surroundings. The lower housing part 10 and the upper housing part 40 are each provided with openings for fixing elements 44, by means of which the two can be fixed to each other. The lower housing part 10 contains on the outer surface two fluid inlet channels 12a and 12b for the fluids A and B to be mixed. Machined on the upper side of the lower housing part 10 are numerous slot-like feed channels 11a and 11b, which are configured to be lengthened alternately to one or the other side and can thus be fed with fluid A or fluid B. The slotted plate 20 contains numerous slotted regions 21; above the slotted plate 20 there is fitted the aperture plate 30, which has a large number of aperture slots 31. The upper housing part 40 contains a fluid outlet 42 for the discharge of the mixture obtained.

[0040] FIG. 6 shows, in analogy with FIG. 5, an exploded illustration of a static lamination micro-mixer with a viewing angle from the underside. The upper housing part 40 contains a large mixing chamber 45, into which all the aperture slots 31 of the aperture plate 30 open. In order to support the aperture plate 30, a plurality of supporting structures 41 are fitted in the upper housing part 40.

[0041] FIG. 7a shows the schematic illustration of the lower housing part 10. The lower housing part 10 is provided with feed channels 11a and 11b for the fluids A and B to be mixed. There are fluid inlets 12a and 12b on the outer sides of the lower housing part. The cutouts 44 in the four corners of the lower housing part 10 permit it to be fixed.

[0042] FIG. 7b shows the cross section through the lower housing part 10 along the line B-B in FIG. 7a. The fluid inlet

12a continues into the fluid inlet channel 14 for the fluid A. On the upper side of the fluid inlet channel 14 there are the feed channels 11a for the fluid. On the upper side of the lower housing part 10 there is a groove 13 for the insertion of a sealing ring.

[0043] FIG. 7c shows the cross section through the lower housing part 10 along the line C-C in FIG. 7a. The feed channels 11a for the fluid A and 11b for the fluid B run alternately parallel without there being any cross connection between these two feed channels. On the upper side of the lower housing part 10 there is again a groove 13 for the insertion of a sealing ring.

[0044] FIG. 8a shows the schematic illustration of a static lamination micro-mixer having the two different slot openings 22a/22b and 23a/23b. The slot openings 22a and 22b of the first slotted plate form the feed channels for the second slotted plate having small slot openings 23a and 23b. The slot openings 22a/22b and 23a/23b are in each case rotated through 90° in relation to one another.

[0045] FIG. 8b shows the plan view of such a static micro-mixer according to FIG. 8a comprising two different slotted plates, whose slot openings are rotated through 90° in relation to one another.

[0046] FIG. 9a and FIG. 9b show two exemplary embodiments of lamination micro-mixers in an exploded illustration. According to these, the slot openings in the slotted plate, the slot openings in the aperture plate and also the channels for distributing the fluids can be arranged to be offset circularly or in parallel.

[0047] FIG. 10 shows an exemplary embodiment relating to the use of a lamination micro-mixer as a constituent part of an integrated arrangement for carrying out physical-chemical conversions. In the case presented, lamination micro-mixer (60) and bundled-tube heat exchanger (17) are integrated into one component.

[0048] List of Reference Symbols

- [0049] 10, 10a Lower housing part
- [0050] 11a Feed channel for fluid A
- [0051] 11b Feed channel for fluid B
- [0052] 12a Fluid inlet for fluid A
- [0053] 12b Fluid inlet for fluid B
- [0054] 13 Groove for sealing ring
- [0055] 14 Fluid inlet channel
- [0056] 20 Slotted plate
- [0057] 21 Slotted region
- [0058] 22a Slot opening for fluid A
- [0059] 22b Slot opening for fluid B
- [0060] 23a Slot opening for fluid A
- [0061] 23b Slot opening for Fluid B
- [0062] 30 Aperture plate
- [0063] 31 Aperture slot
- [0064] 40, 40a, Upper housing part
- [0065] 41 Supporting structure

- [0066] 42 Fluid outlet
- [0067] 44 Opening for fixing element
- [0068] 45 Mixing chamber
- [0069] 50 Sealing ring
- [0070] 60 Micro-mixer
- [0071] 70 Bundled-tube heat exchanger

1. A static lamination micro-mixer for mixing, dispersing, emulsifying or suspending at least two fluid phases, comprising at least one slotted plate having slot openings and an aperture plate having aperture slots arranged above the former, whose slots are produced as continuous openings.

2. Micro-mixer according to claim 1, wherein the number of slot openings in the slotted plate and/or the number of aperture slots in the aperture plate is greater than one.

3. Micro-mixer according to claim 1, wherein fluid phases supplied to the micro mixer are, after entering the slotted plate, initially fed to one another in the slot openings before entering the opening of a plate located above.

4. Micro-mixer according to claim 1, wherein the slot openings in the slotted plate are arranged in relation to one another in such a way that the fluid phases enter the slot opening of an aperture or slotted plate located above.

5. Micro-mixer according to claim 1, wherein the fluid phases come into contact with one another in the slot openings of the aperture plate.

6. Micro-mixer according to claim 1, wherein the geometric form and alignment of the slot openings in the slotted plate promote the production of secondary effects.

7. Micro-mixer according to claim 1, wherein the slot openings are arranged obliquely in relation to one another.

8. Micro-mixer according to claim 1, wherein the cross section of the slot openings in the plate is configured in the shape of a funnel or lobe.

9. Micro-mixer according to claim 1, wherein a plurality of slotted plates and/or aperture plates are arranged directly above one another or offset in relation to one another.

10. Micro-mixer according to claim 1, wherein structures are applied to the slotted plates or are machined out of the plates.

11. Micro-mixer according to claim 1, wherein, by means of suitable arrangement of one or more slotted plates and/or aperture plates, a fluid is led to an outlet opening of another fluid.

12. Micro-mixer according to claim 1, wherein a mixing chamber is fitted above the aperture plate.

13. Micro-mixer according to claim 1, wherein the aperture slots in the aperture plate are offset parallel to one another and/or are arranged in a periodic pattern in relation to one another.

14. Micro-mixer according to claim 1, wherein the slot openings in the slotted plate and the aperture slots in the aperture plate are arranged at any desired angle to one another, optionally rotated through 90°.

15. Micro-mixer according to claim 1, wherein the slot openings in the slotted plate and the aperture slots in the aperture plate have a width of less than 500 μm .

16. Micro-mixer according to claim 1, wherein the slotted and aperture plates are formed, partly or completely, of metal, glass, ceramic or plastic or of a combination of these materials.

17. Micro-mixer according to claim 1, wherein the slotted and aperture plates have been produced by punching, embossing, milling, erosion, etching, plasma etching, laser cutting, laser ablation or by the LIGA technique.

18. Micro-mixer according to claim 1, wherein the slotted and aperture plates comprise a stack of micro-structured thin plates.

19. Micro-mixer according to claim 18, wherein the thin micro-structured plates are connected materially by means of soldering, welding, diffusion welding or adhesive bonding or with a force fit by means of screwing, pressing or riveting.

20. Micro-mixer according to claim 1, wherein the aperture slots in the aperture plates and the slot openings in the slotting plates are of branched configuration.

21. Micro-mixer according to claim 1, wherein the micro-mixer is accommodated in a housing.

22. Micro-mixer according to claim 21, wherein the housing contains channels which promote spatial distribution of the fluid phases.

23. Micro-mixer according to claim 22, wherein the channels are arranged offset parallel from one another, radially, concentrically or behind one another in order to distribute the fluids in the housing.

24. Micro-mixer according to claim 22, wherein the channels are designed with constant or variable cross sections in order to distribute the fluids in the housing.

25. Method for mixing, dispersing, emulsifying or suspending at least two fluid phases, which comprises leading said fluid phases through at least one slotted plate having slot openings, the slots of which are in the form of continuous openings, and an aperture plate having aperture slots arranged above the former.

26. The Micro-mixer of claim 15, wherein said width is less than 10 μm .

27. The Micro-mixer of claim 17, wherein said slotted and aperture plates are produced by laser cutting or the LIGA technique.

* * * * *